শারীরবৃত্ত

শ্রীরুদ্রেন্দ্র কুমার পাল

বিশ্ববিদ্যাসংগ্রহ

বিশ্ববিদ্যাসংগ্রহ

১. সাহিত্যের স্বরূপ : রবীন্দ্রনাথ ঠাকুর
২. কুটিরশিল্প : শ্রীরাজশেখর বসু
৩. ভারতের সংস্কৃতি : শ্রীক্ষিতিমোহন সেন শাস্ত্রী
৪. বাংলার ব্রত : শ্রীঅবনীন্দ্রনাথ ঠাকুর
৫. জগদীশচন্দ্রের আবিষ্কার : শ্রীচারুচন্দ্র ভট্টাচার্য
৬. মায়াবাদ : মহামহোপাধ্যায় প্রমথনাথ তর্কভূষণ
৭. ভারতের খনিজ : শ্রীরাজশেখর বসু
৮. বিশ্বের উপাদান : শ্রীচারুচন্দ্র ভট্টাচার্য
৯. হিন্দু রসায়নী বিদ্যা : আচার্য প্রফুল্লচন্দ্র রায়
১০. নক্ষত্র-পরিচয় : অধ্যাপক শ্রীপ্রমথনাথ সেনগুপ্ত
১১. শারীরবৃত্ত : ডক্টর রুদ্রেন্দ্রকুমার পাল
১২. প্রাচীন বাংলা ও বাঙালী : ডক্টর সুকুমার সেন
১৩. বিজ্ঞান ও বিশ্বজগৎ : অধ্যাপক শ্রীপ্রিয়দারঞ্জন রায়
১৪. আয়ুর্বেদ-পরিচয় : মহামহোপাধ্যায় গণনাথ সেন
১৫. বঙ্গীয় নাট্যশালা : শ্রীব্রজেন্দ্রনাথ বন্দ্যোপাধ্যায়
১৬. রঞ্জন-দ্রব্য : ডক্টর দুঃখহরণ চক্রবর্তী
১৭. জমি ও চাষ : ডক্টর সত্যপ্রসাদ রায় চৌধুরী
১৮. যুদ্ধোত্তর বাংলার কৃষি-শিল্প : ডক্টর মুহম্মদ কুদরত-এ-খুদা
১৯. রায়তের কথা : শ্রীপ্রমথ চৌধুরী
২০. জমির মালিক : শ্রীঅতুলচন্দ্র গুপ্ত
২১. বাংলার চাষী : শ্রীশান্তিপ্রিয় বসু
২২. বাংলার রায়ত ও জমিদার : ডক্টর শচীন সেন
২৩. আমাদের শিক্ষাব্যবস্থা : অধ্যাপক শ্রীঅনাথনাথ বসু
২৪. দর্শনের রূপ ও অভিব্যক্তি : শ্রীউমেশচন্দ্র ভট্টাচার্য
২৫. বেদান্ত-দর্শন : ডক্টর রমা চৌধুরী
২৬. যোগ-পরিচয় : ডক্টর মহেন্দ্রনাথ সরকার
২৭. রসায়নের ব্যবহার : ডক্টর সর্বাণীসহায় গুহ সরকার
২৮. রমনের আবিষ্কার : ডক্টর জগন্নাথ গুপ্ত
২৯. ভারতের বনজ : শ্রীসত্যেন্দ্রকুমার বসু
৩০. ভারতবর্ষের অর্থনৈতিক ইতিহাস : রমেশচন্দ্র দত্ত
৩১. ধনবিজ্ঞান : অধ্যাপক শ্রীভবতোষ দত্ত
৩২. শিল্পকথা : শ্রীনন্দলাল বসু
৩৩. বাংলা সাময়িক সাহিত্য : শ্রীব্রজেন্দ্রনাথ বন্দ্যোপাধ্যায়
৩৪. মেগাস্থেনীসের ভারত-বিবরণ : শ্রীরজনীকান্ত গুহ
৩৫. বেতার : ডক্টর সতীশরঞ্জন খাস্তগীর
৩৬. আন্তর্জাতিক বাণিজ্য : শ্রীবিমলচন্দ্র সিংহ

শারীরবৃত্ত

বিশ্বভারতী গ্রন্থালয়
২, বঙ্কিম চাটুজ্যে স্ট্রীট
কলিকাতা

GOVT. TRAINING SCHOOL LIBRARY
Sec...........
No..............
HOOGHLY

S.C.E.R.T., West Bengal
Library
Calcutta
25/3, B. C. Road

গ্রন্থকারের নিবেদন

শ্রীযুক্ত রাজশেখর বসু মহাশয় এই পুস্তকখানির পাণ্ডুলিপি আগাগোড়া সযত্নে দেখে দিয়েছেন এবং পরিভাষা রচনাতে আমাকে অক্লান্তভাবে সাহায্য করেছেন ; এজন্য তাঁকে আমার সশ্রদ্ধ কৃতজ্ঞতা জানাচ্ছি।

S.C.E.R.T West Bengal
Date..........
Acc. No 5340
574
RUD

প্রকাশ ১ পৌষ ১৩৫০

পুনর্মুদ্রণ ১ ফাল্গুন ১৩৫১

মূল্য আট আনা

প্রকাশক শ্রীপুলিনবিহারী সেন, বিশ্বভারতী, ৬।৩ দ্বারকানাথ ঠাকুর গলি, কলিকাতা। মুদ্রাকর শ্রীঅজিতকুমার বসু, শক্তি প্রেস ২৭।৩ বি, হরি ঘোষ ষ্ট্রীট, কলিকাতা।

১

দেহের গঠন

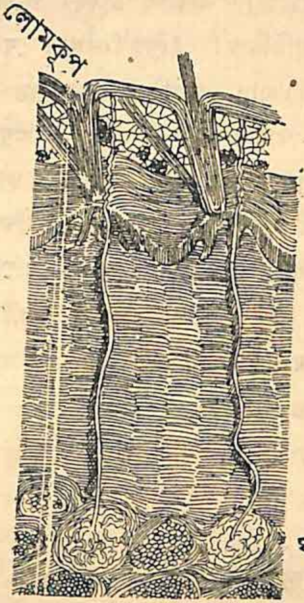
সুখ-স্বাচ্ছন্দ্যের জন্য অত্যাবশ্যক নানা ব্যবস্থাযুক্ত সম্পূর্ণ আধুনিক বাসগৃহের পরিকল্পনার সঙ্গে প্রাণিদেহের গঠনের সাদৃশ্য দেখে অবাক হতে হয়। অস্থি, দাঁত, নখ প্রভৃতি যেন দেহের কড়ি-বরগা, রেলিং-চৌকাঠ; পেশী উহার ইট-পাথর; চামড়া চুনকাম করা বহিরাবরণ; রক্ত-প্রণালীগুলি জলের নল এবং হৃৎপিণ্ড উহার পাম্প; ফুসফুস ও শ্বাসপ্রণালীসমূহ বায়ুচলাচলের যন্ত্র; পাকস্থলী ও অন্ত্রগুলি রান্নাঘর; যকৃৎ তৎসংলগ্ন ভাঁড়ার; মূত্রাশয়, উহার প্রণালী ও মলাশয়, ড্রেন-পায়খানা; মস্তিষ্ক টেলিফোন-নিয়ন্ত্রণকেন্দ্র এবং স্নায়ুগুলি উহার বৈদ্যুতিক তার; চোখ ছবি-তোলবার ক্যামেরা এবং কান শব্দগ্রহণের যন্ত্র। কিন্তু এতৎসত্ত্বেও মানুষের গড়া এইরূপ গৃহকে কিছুতেই ভগবানের গড়া প্রাণিদেহের সমপর্যায়ভুক্ত করা চলে না; কেন না প্রাণিদেহের স্বতোবৃদ্ধি, সচলতা, উত্তেজনাপ্রবণতা, প্রজননক্ষমতা প্রভৃতি জীবনীশক্তির পরিচায়ক বিশিষ্ট গুণগুলি গৃহের ন্যায় কোনও জড়বস্তুতে থাকা সম্ভবপর নয়।

(ক) **অস্থি ও দন্ত**—ছোট, বড়, লম্বা ও চ্যাপটা ২০৬টি হাড়ের দ্বারা মানুষের দেহটি গড়া। হাত-পায়ের প্রধান হাড়গুলি সাধারণত লম্বা ফাঁপা নলের মত এবং তাদের উভয়প্রান্ত দেখতে অনেকটা মৌচাকের ন্যায়। ফাঁপা অংশের মধ্যে হলদে রঙের মজ্জা আছে এবং প্রান্তগুলিতে যে লাল মজ্জা থাকে, তাতেই রক্ত জন্মায়। মাথার খুলি এবং পাঁজরার হাড়গুলি আকারে চ্যাপটা, এবং এদের মধ্যেও লাল মজ্জা থাকে বলে রক্ত উৎপন্ন হয়।

প্রত্যেক সংকোচনের পর অল্পক্ষণের জন্য পেশী শিথিল হয়ে পড়ে, এবং পরে পুনরায় তার সাড়া দেওয়ার ক্ষমতা ফিরে আসে। অনেকক্ষণ ক্রমাগত কাজের পর পেশীর উত্তেজনাপ্রবণতা ক্রমশ লোপ হতে থাকে ; খুব সম্ভবত পেশী ও স্নায়ুর সংযোগস্থলে ল্যাকটিক অ্যাসিড, কঠিন ডাইঅক্সাইড কিংবা অন্য কোনও অবসাদক সামগ্রীর উদ্ভবের জন্যই এরূপ হয়ে থাকে। কিন্তু সমগ্র দেহের ক্লান্তি ঘটে কেন্দ্রীয় স্নায়ুমণ্ডলের অবসাদের জন্য। পেশীর স্বাভাবিক অবস্থা ফিরে আসার জন্য ল্যাকটিক অ্যাসিডের লোপ এবং বিনষ্ট গ্লাইকোজেন ও ক্রিয়েটিন ফস্‌ফেটএর পুনরুদ্ভব একান্ত আবশ্যক। ঐচ্ছিক এবং অনৈচ্ছিক পেশীতে সংকোচনের সময় একই ভাবে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে, কিন্তু প্রথম শ্রেণীর পেশীতে অতি অল্পই গ্লাইকোজেন নষ্ট হয় ও সেই অনুপাতে ল্যাকটিক অ্যাসিডও কম জন্মায় ব'লে সংকোচনের সময় খুবই কম কর্মশক্তি উৎপন্ন হয়। সংকোচনকালে পেশীতে সর্বদাই কিছু না কিছু অম্লের সৃষ্টি হয়, এজন্য এরূপ অম্লত্ববৃদ্ধিহেতু পেশী যাতে সহজে অবসন্ন না হতে পারে তার জন্য তাতে ক্রিয়েটিন, প্রোটিন, বাইকার্বোনেট, ডাইফস্‌ফেট প্রভৃতি ক্ষারধর্মী বস্তু বর্তমান থাকে। পেশীর সংকোচনের জন্য অক্সিজেনের কোনও আবশ্যকতা না থাকলেও সক্রিয়তাহেতু অবসাদের পর স্বাভাবিক অবস্থা ফিরে পেতে হ'লে অক্সিজেন না হ'লে চলে না।

(গ) **চর্ম**—মসৃণ ত্বক দেহের সর্বাপেক্ষা বহিরাবরণরূপে ইহার সৌন্দর্যের জন্য অনেকটা দায়ী। দেহের কোন কোন অংশে চামড়া পাতলা থাকে, আবার কোনও অংশে উহা অপেক্ষাকৃত পুরু হয়। আবার কোথাও সর্বদা ঘষা লেগে লেগে এর উপরের স্তরটি ক্রমশ কঠিন হয়ে যায় ; নখ, শিং প্রভৃতি এইভাবে পরিবর্তিত চামড়া ব্যতীত

আর কিছুই নয়। চামড়ার বাহিরে, দেহের অনেকাংশে লোম দেখতে পাওয়া যায়, তাদের প্রত্যেকের নীচে একটি ক'রে লোমকূপ আছে।



চামড়ার মধ্যে নিম্নস্তরে অবস্থিত স্বেদ-গ্রন্থিগুলির ক্ষরণ ঘামরূপে এগুলি দিয়ে বাহিরে আসে, এবং ঘামের পরিমাণ অনেকটা আবহাওয়ার উত্তাপ, আর্দ্রতা, শারীরিক পরিশ্রম এবং মানসিক অবস্থার উপরও নির্ভর করে। দেহের উত্তাপ কতকটা চামড়া হতে পরিবহন ও বিকিরণের জন্য (conduction and radiation) এবং কতকটা ঘামের সঙ্গেও দেহ হতে বের হতে থাকে ব'লে দেহের স্বাভাবিক উত্তাপ রক্ষার জন্য ইহা একটি অত্যাবশ্যক দেহাংশ। আবার ঘামের সঙ্গে দেহের অনেক অসার বস্তু এবং লবণ ও জলও বের হয়ে যায় ব'লে ইহা

রেচন-যন্ত্রের(excretory system)ও একটা বিশেষ অংশ বটে। ব্যাঙ প্রভৃতি কোন কোন প্রাণীর শ্বাস-প্রশ্বাসের কাজও কতকটা চামড়ার সাহায্যে হ'য়ে থাকে। অধিকন্তু চামড়া পঞ্চেন্দ্রিয়ের একটি অর্থাৎ স্পর্শেন্দ্রিয় ব'লে পরিচিত। ইহার নিম্নস্তরে যে সকল বিশেষ স্পর্শ-কণা (touch corpuscle) অবস্থিত, কোন বস্তু চামড়ার সঙ্গে লাগলেই ঐ কণা-সংলগ্ন স্নায়ুগুলি কণা হতে ঐ অনুভূতি মস্তিষ্কের সংজ্ঞাকেন্দ্রে পৌঁছায় ব'লেই স্পর্শ অনুভূতি ঘটে। এ ছাড়া, একইভাবে অন্য প্রকার কণার দ্বারা শীত অথবা উত্তাপ অথবা বেদনাবোধও ঘটে। ত্বক চোখের অত্যাবশ্যক সহকারী ইন্দ্রিয়, কেন না চোখে দেখে কোন বস্তু সম্বন্ধে যে ধারণা হয়, তার যথার্থতা প্রতিপন্ন হয়, এবং সম্পূর্ণতা ঘটে ত্বকের সাহায্যে। যার দৃষ্টিশক্তি নেই, সে কেবল স্পর্শ ক'রেই সকল বস্তুর আকার বুঝতে পারে।

২

শোণিত ও লসিকার সংবহন

হৃৎপিণ্ড ও রক্তপ্রণালীগুলিতে যে গাঢ় লাল তরল পদার্থ সর্বদা সঞ্চালিত হচ্ছে তারই নাম শোণিত। আবার ঐ প্রণালীগুলি যেখানে অসংখ্য ক্ষুদ্র জালকের আকারে কলাকোষগুলিতে গিয়ে শেষ হয়েছে সেখানে যে বর্ণহীন তরল পদার্থ থাকে তাকে কলারস অথবা লসিকা (lymph) বলা হয়। ধমনীর শোণিত টকটকে লাল, এবং তা হৃৎপিণ্ড হতে দেহের সর্বাংশে বাহিত হয়ে থাকে, কিন্তু শিরার রক্ত নানা দূষিত পদার্থের জন্য দেখতে কতকটা লালচে বেগুনী রঙের হয়, এবং তার প্রবাহ সর্বদা হৃৎপিণ্ডের দিকে চালিত হয়। রক্তের সঙ্গে খাদ্যের সার

অংশ, প্রণালীহীন গ্রন্থিগুলির (ductless gland) অন্তঃক্ষরণ, এবং দহনক্রিয়ার জন্য অত্যাবশ্যক অক্সিজেন গ্যাস দেহের এক অংশ হতে অপর অংশে বাহিত হয়। এবং নানা জীবাণু ও তাদের বিষের ক্রিয়ার বিরুদ্ধে রক্তের দ্বারাই আত্মরক্ষা সম্ভবপর হয়ে থাকে। আবার রক্তের সাহায্যেই ঐ সকল জীবাণু, তাদের বিষ কিংবা দেহের মধ্যে অপর যে সকল দূষিত পদার্থ আপনি জন্মায়। তাদেরও বহিষ্কার ঘটে। একই ভাবে লসিকাও সময় সময় কোন কোন খাদ্যের সারাংশ দেহের এক স্থান হতে অপর স্থানে নিয়ে গিয়ে যেমন পরিপুষ্টির সাহায্য করে আবার তেমনি কলাকোষ হতে নানা দূষিত পদার্থকে অন্যত্র নিয়ে গিয়ে তাদের রক্ষার ব্যবস্থা করে।

রক্তের মধ্যে নিম্নলিখিত উপাদান কয়টি দেখিতে পাওয়া যায়।—

(১) লোহিতকণিকা (red corpuscle)—রক্তে এরূপ অসংখ্য কণিকার মধ্যে যে হিমোগ্লোবিন নামক লাল রঞ্জক পদার্থ থাকে, তারই জন্য রক্তের স্বাভাবিক রঙ গাঢ় লাল দেখায়। এরই সাহায্যে বায়ু হতে অক্সিজেন দেহকোষে গিয়ে পৌঁছয়, এবং সেখান হতে কার্বন-ডাইঅক্সাইড্ গ্যাস ফুসফুসে এসে নিশ্বাসের সঙ্গে দেহ হতে বেরিয়ে যায়। এই কণিকাগুলি যখন স্বাভাবিক অথবা অস্বাভাবিক ভাবে যকৃতের মধ্যে নষ্ট হয়, তখন এর লৌহাংশ-মুক্ত অপর অংশ হতে পিত্তের বর্ণসামগ্রী বিলিরুবিন ও বিলিভার্ডিনের উৎপত্তি হয়ে থাকে।

(২) শ্বেতকণিকা (white corpuscle)—লোহিত কণিকার অনুপাতে আকারে এরা বড়, এদের সংখ্যা অনেকটা কম, এবং নিউক্লিয়স ও আকারের তারতম্য হেতু এদের প্রকারভেদও দেখা যায়। রোগের জীবাণু ও তাদের বিষের হাত হতে এরাই সর্বদা রক্ষা করবার চেষ্টা করে। জীবাণুর সঙ্গে যুদ্ধে এদের পরাজয়ে রোগ জন্মে এবং যখন

এরূপ যুদ্ধে শ্বেতকণিকার বিনাশ ঘটে, তখন তারা পূঁজের আকার ধারণ করে।

(৩) অনুচক্রিকা (platelets)—এগুলি আকারে অতি ছোট এবং রক্তের মধ্যে পুঞ্জীভূত অবস্থায় থাকে। ক্ষতস্থানে এরা শ্বেত-কণিকার সঙ্গে জড় হয়ে, ক্যালসিয়মের উপস্থিতিতে রক্তরসের প্রোথ্রম্বিন নামক উপাদানকে থ্রম্বিনে রূপান্তরিত করে। তাতেই রক্তরসের ফাইব্রিনোজেন নামক উপাদান হতে ফাইব্রিন প্রস্তুত হয়, এবং এইভাবে কণিকাগুলি জড় হয়ে, ঐ স্থানে রক্ত গাঢ় জমাট ভাব ধারণ করে। ইহারই নাম তঞ্চন-প্রক্রিয়া (coagulation)।

(৪) রক্তরস (plasma)—কণিকাগুলি ব্যতীত রক্তে যে স্বচ্ছ গাঢ় তরল অংশ আছে, তারই নাম রক্তরস। এই রক্তরস হতেই লসিকার উৎপত্তি হয়। ক্ষারধর্মী এই তরল অংশ প্রোটিন, শর্করা, স্নেহ (fat), ধাতব লবণ, ইউরিয়া প্রভৃতি অসার পদার্থ, প্রণালীহীন গ্রন্থির অন্তঃক্ষরণ, কতকগুলি এনজাইম, রোগপ্রতিষেধক নানা বস্তু এবং অক্সিজেন ও কার্বন-ডাইঅক্সাইড গ্যাসও দ্রবীভূত হয়ে আছে। রক্তের তঞ্চনের পর যখন তাতে আর ফাইব্রিনোজেন অংশ থাকে না তখন যে জলীয় অংশ অবশিষ্ট থাকে, তাকে রক্তমস্তু বা সিরম বলে।

সংবহন প্রক্রিয়া

এর জন্য বুকের মধ্যে অবস্থিত হৃদযন্ত্রটিই প্রধান। এটি দেখতে পাঁচ ইঞ্চি লম্বা, আড়াই ইঞ্চি চাওড়া এবং আড়াই ইঞ্চি পুরু একটা পেশীময় থলের মত। ভ্রূণাবস্থা হতে মানব দেহের মৃত্যু পর্যন্ত এই যন্ত্রটি কখনো স্থির থাকে না, সর্বদাই পাম্প করে রক্তস্রোতকে ঠেলে দিচ্ছে ধমনীগুলির মধ্যে। বাম দিকে বুকের উপর হাত দিলে

আমরা প্রতি মিনিটে ৭২-৮০ বার যে ধুক্‌ধুক্‌ অনুভব করি, তারই নাম হৃৎপিণ্ডের স্পন্দন।

হৃৎপিণ্ডের মধ্যে ডান ও বাম দিকে দুটি ক'রে চারটি বিশিষ্ট অংশ দেখতে পাওয়া যায়, এদের উপরকার দুটির নাম অলিন্দ (auricle) এবং নীচেকার দুটির নাম নিলয় (vertricle)। উভয় দিকের অলিন্দ ও নীচেকার নিলয়ের মধ্যে এমন ভাবে দুটি কপাটক (valve) আছে, যাতে রক্তপ্রবাহ স্বাভাবিক অবস্থায় কেবল অলিন্দ হতে ঐ দিকের নিলয়েই প্রবেশ করতে পারে, এবং বিপরীত ভাবে কখনই নিলয় হতে অলিন্দে যেতে পারে না।

ঊর্ধ্ব ও নিম্ন মহাশিরা দুটি (superior and inferior venæ cavæ) যখন ডান দিকের অলিন্দে দূষিত রক্ত নিয়ে আসে, তখন ঐ রক্ত কপাটক-পথে ডান নিলয়ে প্রবেশ করে, এবং ঐ নিলয়-সংযুক্ত ফুসফুস ধমনীর কপাটক-পথে রক্তপ্রবাহ ফুসফুসে গিয়ে পৌছয়। সেখানে কার্বন-ডাইঅক্সাইড ত্যাগে এবং অক্সিজেন সংযোগে যখন রক্তের সংশোধন হয়, তখন তা পুনরায় ফুসফুসের চারিটি শিরার সাহায্যে বাম অলিন্দে এসে প্রবেশ করে, এবং সেখান হতে মধ্যবর্তী কপাটক-পথে ঐ রক্ত বাম দিকের নিলয়ে গিয়ে পৌছয়। বাম নিলয়ের উপরিভাগে মহাধমনী (aorta) সংযুক্ত আছে, এবং এদের উভয়ের সংযোগ স্থলে যে কপাটকযুক্ত ছিদ্রপথ আছে, প্রতি হৃৎস্পন্দনে তার মধ্যে প্রায় চার আউন্স রক্ত প্রবেশ করে এবং মহাধমনী হতে ক্রমশ শাখা ও প্রশাখা ধমনীতে সঞ্চালিত হয়ে অবশেষে অসংখ্য জালকের মধ্যে গিয়ে পৌছয়। তৎপরে কলাকোষের সহিত অসার ও সার বস্তুর আদানপ্রদানের পর দূষিত রক্ত প্রশাখা ও শাখা শিরা-পথে ঊর্ধ্ব ও নিম্ন মহাশিরায় এবং সেখান

হতে ডান দিকের অলিন্দে গিয়ে প্রবেশ করে। এইভাবে শোণিত-প্রবাহের মিনিটে প্রায় ৭২ বার সর্বদেহে সংবহন ঘটে।

রক্তরস হতে উৎপন্ন লসিকাও একইভাবে অসংখ্য সূক্ষ্ম লসিকায়নীর দ্বারা প্রথমে বৃহৎ লসিকায়নীতে এবং তা হতে গ্রীবাদেশের শিরার রক্তস্রোতে মিশে থাকে।

এক ধমনী হতে উহার শাখাগুলিতে রক্তস্রোত সঞ্চালনের জন্য, হৃৎপিণ্ডের স্পন্দনশক্তি ব্যতীত ধমনীর নিজস্ব স্থিতিস্থাপকতাগুণও অনেকটা দায়ী। আবার শিরার মধ্যে রক্তস্রোত এবং লসিকায়নীর মধ্যে লসিকাস্রোতের স্বাভাবিক প্রবাহের জন্য পেশীর সংকোচন, ঐ সকল প্রণালীর স্থানে স্থানে কপাটকের অবস্থিতি এবং বুকের মধ্যে উহাদের উপর অন্যান্য অংশ অপেক্ষা কম চাপ প্রভৃতি দায়ী।

সংবহনকালে রক্তপ্রণালীর মধ্যে রক্তপ্রবাহ যে পরিমাণ শক্তিতে ঠেলা দিয়ে অগ্রসর হতে থাকে, তারই নাম রক্তের চাপ। সাধারণত হৃৎস্পন্দনের সংখ্যা, শক্তি ও উৎক্ষিপ্ত রক্তের পরিমাণ, রক্তপ্রণালীর প্রাচীরের স্থিতিস্থাপকতা, রক্তের গাঢ়ত্ব, এবং রক্তস্রোতের উপর আরোপিত বহিঃপ্রতিরোধই রক্তের চাপের স্বাভাবিকতা রক্ষা করে। এই দেশে হৃৎপিণ্ডের সংকোচনকালীন রক্তের স্বাভাবিক চাপ $\frac{\text{বয়স}}{২} + ১০০$ মিলিমিটার (পারদ)। কিন্তু মনে রাখা উচিত যে নানা কারণে স্বাভাবিক অবস্থায়ও এর ব্যতিক্রম হতে পারে। পুরুষের রক্তের চাপ সমবয়স্ক রমণীর রক্তের চাপ হতে কিছু (১০-১৫ মিলিমিটার) বেশী হয়। শীতল জলে স্নানের পর শাখাধমনীগুলি সংকুচিত হয় ব'লে রক্তের চাপ যেমন কিছু বাড়ে, আবার তেমনি উষ্ণ জলে স্নানের পর তাদের প্রসারণ সত্ত্বেও হৃৎস্পন্দনের সংখ্যাবৃদ্ধির ফলেও উহা একটু বাড়ে। ব্যায়ামের প্রথম অবস্থায় কতকটা বাড়ে কিন্তু পরে অবসন্নতার জন্য কমে যায়। খাদ্য

গ্রহণের পরও কিঞ্চিৎ বাড়ে। নিদ্রার সময় চাপ প্রথমে একটু কমলেও পরে বেড়ে ওঠে। অকস্মাৎ শয়ান অবস্থা হতে উঠে দাঁড়ালেও কমে যায়; আবার মানসিক চিন্তা উৎকণ্ঠা প্রভৃতিতে কতকটা বাড়ে। ঋতুকালে মেয়েদের রক্তের চাপ যেমন কম থাকে, আবার গর্ভাবস্থায় ও প্রসবকালে তেমনি কতকটা বেড়ে যায়।

৩

শ্বসন-ক্রিয়া

নাসিকার দুটি ছিদ্রপথে এবং সময় সময় মুখ দিয়ে আমরা দেহের মধ্যে যে বায়ু টেনে নিই তা প্রথমে পশ্চাতস্থ গলবিলে (pharynx) প্রবেশ করে। নাকের মধ্যে কতকগুলি লোম থাকে, এবং সেগুলি সর্বদাই আর্দ্র থাকে ব'লে বায়ুর সঙ্গে ধূলিকণা বা কয়লার গুঁড়ো প্রভৃতি প্রবেশ করলে ঐখানেই আটকে যায়, পরবর্তী শ্বাসনালী (trachea and bronchi) কিংবা ফুসফুসের মধ্যে প্রবেশ করতে পারে না। কিন্তু কোনও কারণে নাসাপথ (nares) বন্ধ হয়ে গেলে, মুখের দ্বারাই বায়ু দেহের মধ্যে প্রবেশ করতে বাধ্য হয়, তখন ঐ সকল অনিষ্টকর বস্তু একেবারে সোজাসুজি গলবিল হতে শ্বাসনালী, এবং সেখান হতে ফুসফুসের মধ্যে চ'লে যায় বলে যতদূর সম্ভব এভাবে প্রশ্বাস গ্রহণ না করাই উচিত।

গলবিলের নীচের দিকে দুটি মুখ আছে, সম্মুখে শ্বাসনালীর এবং পশ্চাতে খাদ্যনালীর (œsophagus)। পানাহারের সময় যাতে খাদ্য বা পানীয় শ্বাসনালীতে প্রবেশ না করতে পারে তার জন্য শ্বাসনালীর

মুখে একটা ঢাকনা থাকে ; খাওয়ার সময়ে তা আপনি বন্ধ হয়ে যায়। যদি কোন কারণে অসাবধান মুহূর্তে কোন খাদ্যকণা কিংবা অন্য কিছু



শ্বাসনালীতে প্রবেশ করে, তাহ'লে তাকে তৎক্ষণাৎ বাহিরে ঠেলে দেওয়ার জন্য সজোরে যে কাশি ওঠে, তাকে "বিষম লাগা" বলে।

শ্বাসনালীটি প্রথমে বড় দুটি অংশে বিভক্ত হয়, তৎপরে ঐ শাখানালী (bronchi) দুটি হতে অনেকগুলি প্রশাখানালী (bronchioles) উৎপন্ন হয়ে দুই দিকের ফুসফুসের মধ্যে প্রবেশ করে। এইভাবে বায়ু ভিতরে পৌঁছিলে ফুসফুস দুটি ফুলে ওঠে, আবার পরক্ষণে বায়ু যখন বিপরীত দিকে বাহিরে যায়, তখন তারা পুনরায় চুপসে যায়। ফুসফুস দুটি একটি পাতলা আবরণের দ্বারা ঢাকা থাকে, তার নাম ফুসফুসধরা কলা (pleura)। ডান দিকের ফুসফুসের তিনটি এবং বাম ফুসফুসের দুটি খণ্ড আছে, আবার প্রত্যেকটি খণ্ড অসংখ্য বায়ুকোষে পূর্ণ। ঐ বায়ুকোষগুলির চারিদিকে অসংখ্য জালক তাদের ঘিরে থাকে ; এইভাবে গৃহীত বায়ুর সঙ্গে রক্তের আদান-প্রদানের সুযোগ ঘটে থাকে।

শ্বসন-ক্রিয়ার প্রথম অংশ অর্থাৎ বায়ুগ্রহণকে প্রশ্বাস (inspiration)

এবং দ্বিতীয় অংশ বায়ুর বহিষ্কারকে নিশ্বাস (expiration) বলে। প্রত্যেক প্রশ্বাসের সময় যখন বুক ফুলে ওঠে, তখন উদরগহ্বর ও বুকের মধ্যবর্তী মধ্যচ্ছদা (diaphragm) নামক পেশী নীচের দিকে নেমে যায় ব'লে পেটও সঙ্গে সঙ্গে ফুলে ওঠে। আবার নিশ্বাস ত্যাগকালে মধ্যচ্ছদা উপরে উঠে যায় ব'লে পেট ও বুকের সঙ্গে সঙ্গে পুনরায় স্বাভাবিক অবস্থায় ফিরে যায়। প্রতি মিনিটে এইভাবে সাধারণত ১৮-২০ বার শ্বসন-ক্রিয়া চলতে থাকে এবং বায়ু হতে দেহের আবশ্যকমত অক্সিজেন গৃহীত হয়, ও দেহে উৎপন্ন কার্বন-ডাইঅক্সাইড গ্যাসের বহিষ্কার ঘটে।

৪

খাদ্য ও তাহার পরিপাক

দেহের বৃদ্ধি ও রক্ষার জন্য খাদ্যগ্রহণ অত্যাবশ্যক, কেন না এক দিকে খাদ্য হতে যে উত্তাপ জন্মে, তাই রূপান্তরিত হয় কর্মশক্তিতে, আবার অন্য দিকে ঐ খাদ্যের সারাংশ হতেই দেহের ক্ষতি নিবারণ ও পরিপুষ্টি লাভ হয়। ভাইটামিন প্রভৃতি কতকগুলি বিশেষ উপাদানের দ্বারা কোন কোন রোগের প্রতিষেধও হয়ে থাকে। এইজন্যই নিয়মিতভাবে পরিমাণে ও গুণানুসারে খাদ্যগ্রহণ অবশ্যকর্তব্য।

আমরা সাধারণত যে সকল খাদ্য খাই, তাদের মধ্যে নিম্নলিখিত উপাদানগুলি থাকে, যথা :—

(১) প্রোটিন (proteins)—মাংস, মাছ, ছানা, দুধ, ডিম প্রভৃতি প্রাণিজ এবং দাল, আটা, চাউল প্রভৃতি উদ্ভিজ্জ খাদ্যে এই উপাদান পাওয়া যায়।

(২) শর্করা (carbohydrates)—গম, চাউল, যব, জোয়ার, বাজরা প্রভৃতিতে এই উপাদান যথেষ্ট পরিমাণে থাকে।

(৩) স্নেহ (fats)—ঘি, মাখন, চর্বি প্রভৃতি প্রাণিজ এবং তৈলাদি উদ্ভিজ্জ সামগ্রী এই জাতীয় উপাদান।

(৪) লবণ (salts) – খাদ্যলবণ খাদ্যের আস্বাদ ব্যতীত অন্যান্য নানা কারণেও খাওয়া উচিত। প্রায় প্রত্যেক খাদ্যেই কিছু না কিছু লবণজাতীয় বস্তু থাকে।

(৫) ভাইটামিন (vitamins)—দেহের বৃদ্ধি, স্বাস্থ্যরক্ষা এবং কতকগুলি রোগের প্রতিষেধের জন্য এই জাতীয় উপাদান না হ'লে চলে না। এদের আবার অনেকগুলি শ্রেণীবিভাগ আছে, যথা—

(ক) 'এ' জাতীয়—দুধ, মাখন, কড, হ্যালিবাট ও হাঙ্গরের যকৃৎ-তৈলে, এবং ডিমের কুসুমে থাকে। তা ছাড়া গাজর, আম, পেঁপে ও শাকসবজিতে যে কেরোটিন নামক পদার্থ থাকে, তা হ'তে এই ভাইটামিন অনায়াসে দেহে উৎপন্ন হতে পারে। নানা চক্ষুরোগ ও ফুসফুস রোগের প্রতিষেধের জন্য এবং দেহের উপযুক্ত বৃদ্ধির জন্য এর প্রয়োজন।

(খ) 'বি', জাতীয়—অঙ্কুরিত ছোলা, মুগ প্রভৃতি দালে, ঢেঁকিছাঁটা চাউলে, এবং জাঁতা-ভাঙা আটায় থাকে। এর অভাবে দেহের ঠিক পরিপুষ্টি হয় না, বেরিবেরি, অজীর্ণ ও অম্লরোগ প্রভৃতি দেখা যায়।

'বি'$_2$ জাতীয়—দুগ্ধজ সকল খাদ্যে, মাংস, ডিম, দাল প্রভৃতিতে প্রচুর পরিমাণে থাকে এবং খাদ্যে অভাব হ'লে 'প্যালেগ্রা' রোগ, মুখে ও জিভে ঘা হয়।

(গ) 'সি' জাতীয়—আমলকী, পেয়ারা, কমলালেবু, পাতিলেবু

বিলাতি বেগুন ও লঙ্কা প্রভৃতি ফলে এবং অঙ্কুরিত মুগ, ছোলা প্রভৃতি দালে খুবই থাকে। এর অভাবে 'স্কার্ভি' নামক রোগ জন্মে।

(ঘ) 'ডি' জাতীয়—কডলিভার অয়েল, হ্যালিবাট ওয়েল ও হাঙ্গরের যকৃত-নিঃসৃত তৈলে ইহা প্রচুর পরিমাণে থাকে। সূর্যালোকে দেহের মধ্যেও ইহা প্রস্তুত হয়ে থাকে, এবং কোন কারণে অভাব ঘটলে 'রিকেট্‌স' নামক রোগ হয়।

(৬) 'ই' জাতীয়—মটর, চা, লেটুস শাক ও অঙ্কুরিত গমে যথেষ্ট থাকে। এর দ্বারা বন্ধ্যাত্ব দূর হয় এবং গর্ভস্থ ভ্রূণের স্বাস্থ্যও অক্ষুণ্ণ থাকে।

(৭) 'কে' জাতীয়—এটি নানাপ্রকার উদ্ভিদ্-কোষে এবং আলফাল্‌কা নামক এক প্রকার তৃণে প্রচুর পরিমাণে থাকে। খাদ্যে এর অভাবে রক্তের তঞ্চন বিলম্বিত হয় ব'লে আঘাতের পর অনেকক্ষণ রক্তপাত হতে থাকে।

(৮) 'পি' জাতীয়—প্রায়শ ভাইটামিন 'সির' একই সঙ্গে থাকে এবং খুব সম্ভবত, জালকে রক্তপাত হতে থাকলে, ভাইটামিন 'সি'র সহায়করূপে ঐ রক্তপাত বন্ধ করে।

ভাইটামিনগুলির মধ্যে 'এ' 'ডি' 'ই' ও 'কে' স্নেহপদার্থে দ্রবণীয় এবং 'বি'-সমষ্টি, 'সি', ও 'পি' জলে দ্রবণীয় ব'লে পরিচিত। 'সি' ও 'পি' অতি সহজেই উত্তাপের দ্বারা নষ্ট হয়, কিন্তু 'ডি' ও 'ই'র উপর উত্তাপের কোনও অনিষ্টকর প্রভাব দেখা যায় না।

খাদ্যের পরিপাক

আমরা মুখ দিয়ে খাদ্য গ্রহণ করি। দাঁতের দ্বারা যখন ঐ খাদ্য খণ্ড খণ্ড অবস্থায় পেষিত হতে থাকে তখন চোয়ালের দুদিক হতে প্যারোটিড

(parotid) গ্রন্থির, এবং জিভের নীচে অধোহনু ও জিহ্বামূলীয় (submaxillary and sublingual glands) গ্রন্থি হতে লালার নিঃসরণ হতে থাকে। অনেক সময় খাবার না খেলেও কোন ভাল খাদ্যের গন্ধে অথবা মুখরোচক খাদ্যের কথা মনে হ'লেও জিভে যে জল দেখা যায়, তা ঐ সকল লালাগ্রন্থিরই রস। খাদ্য চিবোতে চিবোতে যখন চটচটে আঠার মত হয় তখন জিভের সাহায্যে এপাশ হতে ওপাশে সরিয়ে নিয়ে, তালুতে ঘষে ঘষে একটা ছোট গুলির মত ক'রে নেওয়া যায়। তারপর যখন মুহূর্তের জন্য প্রশ্বাস বন্ধ ক'রে জিভ দিয়ে তাকে পেছনের দিকে ঠেলে দেওয়া হয়, তখন তা গিয়ে প্রবেশ করে খাদ্যনালীর মধ্যে। এ সময় তালুর পশ্চাতের নরম আবরণটি উপরের দিকে গিয়ে মুখের সঙ্গে নাসিকার সংযোগপথ বন্ধ ক'রে দেয় ব'লে একমাত্র খোলা পথ খাদ্য-নালীতে খাদ্যের প্রবেশ ঘটে, এবং প্রবেশের সঙ্গে সঙ্গে কতক তাতে সংকোচন-বিকোচনের জন্য, এবং কতক অভিকর্ষের (gravity) জন্যও পিচ্ছল খাদ্যনালীপথে একেবারে সোজাসুজি গিয়ে পৌঁছয় পাকস্থলীর অভ্যন্তরে।

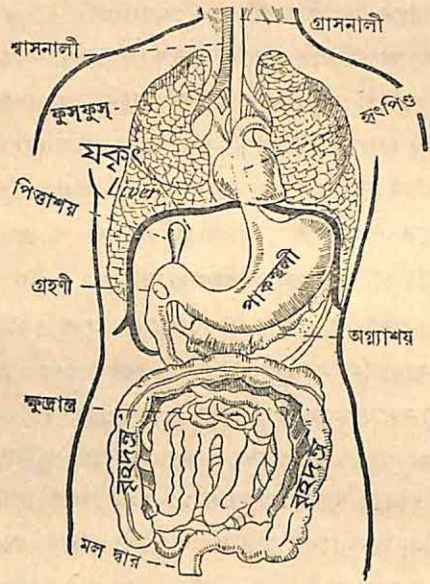
সুসিদ্ধ শ্বেতসার (ভাত, রুটি প্রভৃতি) ব্যতীত অন্য কোনও উপাদানের খাদ্যের পাকস্থলীতে না পৌঁছা পর্যন্ত পরিপাক আরম্ভ হয় না। লালারসে টায়ালিন নামক যে শর্করাভঞ্জক এন্‌জাইম থাকে, তাতেই সুসিদ্ধ শ্বেতসার কতকটা মল্টোজে রূপান্তরিত হয়। এইজন্য ভাত কিংবা রুটিকে খানিকক্ষণ চিবোতে থাকলে তা কতকটা মিষ্টি লাগে। এইভাবে শর্করাজাতীয় খাদ্যের আংশিক পরিপাক পাকস্থলীর প্রথমাংশেও হতে দেখা যায়।

পাকস্থলীর মধ্যে প্রোটিন জাতীয় উপাদানের পরিপাকই সর্বাপেক্ষা অধিক হয়ে থাকে। মধ্যাংশে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও নির্গম মুখের

নিকটে যে পেপসিন (pepsin) এন্‌জাইমপূর্ণ রস নিঃসৃত হয়, তারই ফলে প্রোটিনের আংশিক পরিপাক সাধিত হয়। এতদ্ব্যতীত পাকস্থলীতে দুগ্ধের তঞ্চক রেনিন (rennin) নামক আর একটি এন্‌জাইম থাকে, যাতে অতি সহজেই দুধের পরিপাক সম্ভবপর হয়। পাচকাম্লরসে (gastric juice) অল্পপরিমাণে স্নেহ-ভঞ্জক এন্‌জাইম (fat-splitting enzyme) থাকলেও, পাকস্থলীর মধ্যে স্নেহের অতি অল্পই পরিপাক ঘটে; কেবল আভ্যন্তরিক উত্তাপ ও সংকোচন-বিকোচনের ফলে ঐ জাতীয় উপাদান অতি সূক্ষ্ম অংশে বিভক্ত হয়ে অবদ্রব (emulsion) অবস্থায় ভাসতে থাকে। পাকস্থলীতে খাদ্য প্রবেশের সঙ্গে সঙ্গে তার প্রাচীরের মধ্যপ্রদেশ হতে একটি সংকোচনের ঢেউ খেলে যায় নির্গম মুখ পর্যন্ত, এবং তার সঙ্গে গ্রহণীর (duodenum) সংযোগপথ কপাটকের (pyloric valve) দ্বারা বন্ধ থাকাতে, খাদ্যের আলোড়ন প্রতিহত হয়ে পুনরায় পাকস্থলীর মধ্যাংশে ফিরে যায়। এভাবে প্রতি সেকেণ্ডে ১৫-২০টি তরঙ্গ নির্গম মুখ হতে প্রতিহত হয়ে ফিরে আসে। প্রায় আধঘণ্টা পরে যথেষ্ট পরিমাণে পাচকাম্লরসের ক্ষরণহেতু ঐ বন্ধদ্বার সহসা খুলে যায়, এবং কতকটা খাদ্য গ্রহণীর মধ্যে প্রবেশ করামাত্র আবার উহা বন্ধ হয়। এভাবে খাদ্য অতি অল্পমাত্রায় ধীরে ধীরে গ্রহণীতে প্রবেশ করে, এবং সেখানে উহার সম্যক পরিপাকের সুযোগ হয়। সাধারণত খাদ্য প্রায় ৩-৪ ঘণ্টা কাল পাকস্থলীতে থাকে। জল, গ্লুকোজ, লবণ ও ভাইটামিন ব্যতীত অপর কোনও উপাদান পাকস্থলী হতে রক্তের সহিত মিশতে পারে না।

পাকস্থলীর পরেই প্রায় বারো আঙুল লম্বা গ্রহণী অন্ত্রের এবং তৎপরে ক্ষুদ্রান্ত্রের (small intestine) অবস্থান। এই অংশেই সকল-প্রকার উপাদানের পরিপাকক্রিয়া সুচারুরূপে সম্পন্ন হয়। গ্রহণীর

অন্তরাবরণে যে সিক্রিটিন-পূর্ব (pro-secretin) উপাদান থাকে, পাচকাম্লরসের প্রভাবে উহা যখন সিক্রিটিন (secretin) নামক উত্তেজক



বস্তুতে রূপান্তরিত হয়, তখন তা রক্তের সঙ্গে মিশে গ্রহণী-বেষ্টনীর মধ্যে অবস্থিত অগ্ন্যাশয়ের ক্ষরিত রসকে প্রচুর পরিমাণে অন্ত্রের মধ্যে টেনে আনে। এই অগ্ন্যাশয়-রসে (pancreatic juice) ট্রিপসিন-পূর্ববর্তী যে সামগ্রী (trypsinogen) থাকে, আন্ত্রিক উত্তেজক উপাদানের (enterokinase) দ্বারা তাই সক্রিয় এন্‌জাইম ট্রিপসিনে রূপান্তরিত হয়, এবং তারই সাহায্যে পাকস্থলীতে অজীর্ণ প্রোটিনের পরিপাক সাধিত হয়, এবং অতঃপর এই উপাদানের যে অংশ অভগ্ন অবস্থায় থাকে, আন্ত্রিক রসের ইরেপসিন (erepsin) নামক উপাদান প্রোটিনের

পরিপাক সম্পূর্ণ ক'রে তাকে অবিভাজ্য অংশ এমাইনো অ্যাসিডে (amino acid) পরিণত করে। অগ্ন্যাশয়-রসে এমাইলেজ (amylase) নামক শর্করাভঞ্জক যে এন্‌জাইম থাকে, তারই দ্বারা এই জাতীয় খাদ্য গ্লুকোজে পরিণত হয়। আবার এতে স্নেহভঞ্জন লিপেজ (lipase) নামক যে এন্‌জাইম থাকে, পিত্তকোষ হতে অন্ত্রে আগত পিত্তের সহায়তায় তা স্নেহজাতীয় উপাদানকে, স্নেহজ-অ্যাসিড ও গ্লিসারলে (fatty acid & glycerol) রূপান্তরিত করে। একই ভাবে আন্ত্রিক-রসের লিপেজ-স্নেহজাতীয় উপাদানকে অ্যাসিড ও গ্লিসারলে, এবং মল্টেজ (maltase) ল্যাকটেজ (lactase) ও সুক্রেজ (sucrase) দ্বিশর্করাগুলিকে গ্লুকোজে পরিণত করে।

খাদ্যাংশগুলির শোষণ (absorption) ও পরবর্তী ক্রিয়া

প্রোটিন জাতীয় উপাদানের সূক্ষ্মাংশ এমাইনো অ্যাসিড, শর্করা-জাতীয় উপাদানের অবিভাজ্য অংশ গ্লুকোজ, এবং স্নেহজাতীয় উপাদানের শেষ পরিণতি স্নেহজ অ্যাসিড ও গ্লিসারল সমগ্র ক্ষুদ্রান্ত্রের অন্তরাবরণ ভেদ ক'রে রক্তের সঙ্গে মিশে যায়। তৎপরে ঐ পরিশোষিত এমাইনো অ্যাসিড হতে প্রধানত দেহের পেশীর পরিপুষ্টি লাভ হয়, এবং পরিমাণে অধিক হ'লে, অথবা অন্যজাতীয় উপাদানের অভাব হ'লে দেহের উত্তাপ ও কার্যক্ষমতাও বাড়িয়ে তোলে। শেষোক্ত প্রকারে ব্যবহৃত এমাইনো অ্যাসিড হতে ইউরিয়া, ইউরিক অ্যাসিড, ক্রিয়েটিনিন প্রভৃতি যে সকল অসার বস্তু উৎপন্ন হয়, মূত্রের সঙ্গে তাদের বহিষ্কার ঘটে। গ্লুকোজ রক্তপ্রবাহের সঙ্গে যকৃতে গিয়ে গ্লাইকোজেনে পরিবর্তিত হয় এবং যকৃতে ও পেশীতে সঞ্চিত থাকে। প্রয়োজন-মত দেহের উত্তাপ ও কার্যক্ষমতার জন্য বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন পরিমাণে

S.C.E.R.T. West Bengal
Date.......
Acc. No. 5340
7339
S.C.E.R.T., West Bengal Library

গ্লাইকোজেন হতে পুনরায় গ্লুকোজের সৃষ্টি হয়, এবং নিজ কাজ শেষ ক'রে অঙ্গারাম্ল ও জলের আকারে যথাক্রমে নিশ্বাস ও মূত্রের সঙ্গে দেহ হতে নির্গত হয়। স্নেহজ অ্যাসিড ও গ্লিসারল পুনরায় একত্রিত হয়ে দেহের চর্বিতে রূপান্তরিত হয়। কখন কখন অতিরিক্ত পরিশ্রমের সময় চর্বি হতেও দেহের উত্তাপ এবং আনুষঙ্গিক কার্যক্ষমতা উৎপন্ন হয়ে থাকে, এবং পরিণামে জল ও অঙ্গারাম্লরূপে দেহ হতে বের হয়ে যায়।

অন্ত্রের সঞ্চলন (Movements of the intestines)

পরিপাকের সঙ্গে সঙ্গে পাকস্থলীর সঞ্চলনের কথা পূর্বেই বলা হয়েছে। পরিপাক-কালে ক্ষুদ্রান্ত্রের মধ্যেও নানা প্রকার সংকোচন-বিকোচন তরঙ্গের ফলে শুধু যে খাদ্যগুলিতেই সবেগে আলোড়ন চলিতে থাকে এমন নয়, ভুক্ত দ্রব্য ক্রমশ নীচের দিকে স'রে গিয়ে ক্ষুদ্র ও বৃহৎ অন্ত্রের মধ্যবর্তী কপাটযুক্ত রুদ্ধদ্বারে আঘাত করতে থাকে। পাকস্থলীর নির্গমদ্বারের ন্যায় এই দ্বারও সব সময় খোলা থাকে না, সুতরাং সমগ্র খাদ্যও একসঙ্গে বৃহদন্ত্রে ঢুকতে পারে না। ফলে ক্ষুদ্রান্ত্রের মধ্যে সকল উপাদানের পরিপাক অতি সুচারুরূপে সম্পন্ন হতে পারে। ৫-৮ ঘণ্টার মধ্যে এইভাবে পরিপাক ও পরিশোষণের পর খাদ্যাবশিষ্ট বৃহদন্ত্রের প্রবেশদ্বার অতিক্রম ক'রে তাহার মধ্যে প্রবেশ করে।

বৃহদন্ত্রে (large intestine) প্রবেশের পর খাদ্যাবশিষ্ট বিপরীতগামী সংকোচন-বিকোচন-তরঙ্গের ফলে অনেকক্ষণ বৃহদন্ত্রে থাকবার সুযোগ পায়, সুতরাং অপরিশোষিত অংশের, বিশেষত জলীয় ভাগের সম্যক্ শোষণ ঘটে। এখানে বিশেষ কোন পরিপাকক্রিয়া

দেখা যায় না, কেবল প্রোটিনের যে অংশ অজীর্ণ অবস্থায় সেখানে প্রবেশ করে, জীবাণুর সাহায্যে তাকে এমাইনো অ্যাসিডে রূপান্তরের শেষ প্রচেষ্টা দেখা যায়, এবং সঙ্গে সঙ্গে ফিনল, ইণ্ডল, ক্রিজল প্রভৃতি কতকগুলি দূষিত পদার্থেরও সৃষ্টি হয়। যকৃতের মধ্যে সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা গ্লাইকুরোনিক অ্যাসিড এই সকল অনিষ্টকর বস্তুর সঙ্গে মিশে এদের নির্দোষ বস্তুতে পরিণত করে। কারো কারো মতে বৃহদন্ত্রে এই ভাবে জীবাণুর ক্রিয়ার ফলেই আমাদের দেহ ক্ষয় হচ্ছে পলে পলে ও তিলে তিলে, এবং পরিণত বয়সে মৃত্যুর জন্যও এরা অনেকটা দায়ী—কিন্তু এ সম্বন্ধে সকল বিজ্ঞানী এক মত নন। শর্করাজাতীয় খাদ্যের সেলুলোজ নামক দুষ্পাচ্য অংশেরও জীবাণুর সাহায্যে কতকটা পরিপাক-ক্রিয়া সাধিত হয় বৃহদন্ত্রে। তৎপরে এই জাতীয় কিংবা প্রোটিন অথবা স্নেহজাতীয় যে অংশ অজীর্ণ অবস্থায় থাকে, তা মলের আকারে মলদ্বার-পথে বেরিয়ে যায়।

যকৃতের নীচে বৃহদন্ত্রের বক্রস্থান (hepatic flexure) পর্যন্ত পৌঁছতে খাদ্যের লাগে চোদ্দ ঘণ্টা, এবং তা প্লীহার নীচে বক্র অংশে (splenic flexure) পৌঁছয় আঠারো ঘণ্টায় এবং প্রায় চব্বিশ ঘণ্টায় ৩-আকৃতি বক্র অংশে গিয়ে জমা হয়। এই ভাবে বৃহদন্ত্রে প্রায় দশ ঘণ্টা কাল থাকাতে প্রায় সমস্ত জলীয় অংশ রক্তের দ্বারা শোষিত হয় ব'লে মল স্বাভাবিক শক্ত আকার ধারণ করে। মলদ্বারে (rectum) এই ভাবে জমা হওয়ার ফলে যখন চাপ পড়ে, তখন প্রায় চব্বিশ ঘণ্টা পরে তা স্বাভাবিক মলের আকারে বেরিয়ে যায় শরীর হতে।

খাদ্যের পরিপাক সম্বন্ধে পিত্তের সাহচর্যের কথা পূর্বেই বলা হয়েছে। প্রোটিন, শর্করা এবং মুখ্যত স্নেহজাতীয় উপাদানের পরিপাকের ও শোষণের সাহায্য ক'রে পিত্তের কতক অংশ রক্তের সঙ্গে আবার

যকৃতে গিয়ে পুনরায় পিত্ত-সৃষ্টির সহায়তা করে। আবার যে অংশ খাদ্যের সঙ্গে ক্ষুদ্রান্ত্র হতে বৃহদন্ত্রে চ'লে যায়, জীবাণুর ক্রিয়ার ফলে তা হতে স্টেরকোবিলিন (stercobilin) নামক এক প্রকার মল-রঞ্জক পদার্থ এবং ইউরোক্রোল ও ইউরোবিলিন নামক অপর দুটি মূত্র-রঞ্জক পদার্থের উৎপত্তি হয়। মল এবং মূত্রের স্বাভাবিক রঙ (urochrome & urobilin) এই সকল পিত্তস্থ বর্ণদ্রব্যের জন্যই হয়ে থাকে।

৫

যকৃৎ ও প্লীহা

মধ্যচ্ছদার নীচে উদরগহ্বরের উপরিভাগে ডান দিকে দেহের সর্বাপেক্ষা বৃহৎগ্রন্থি যকৃৎ এবং বাম দিকে প্লীহা অবস্থিত। এদের দ্বারা দেহের অনেকগুলি অত্যাবশ্যক ক্রিয়া সাধিত হয়। যকৃতের মধ্যে পিত্তপ্রণালী আছে, কিন্তু প্লীহার অনুরূপ কোনও প্রণালী নাই।

(১) রক্তসংক্রান্ত কার্যাবলী—সাধারণত যকৃৎ-কোষে এবং সময় সময় প্লীহা-কোষেও পিত্তরস উৎপন্ন হয়ে থাকে। ভ্রূণাবস্থায় প্লীহা ও যকৃতের মধ্যে লোহিত কণিকার সৃষ্টি হয়, কিন্তু জন্মের পর ঐ সকল কণিকা রক্তোৎপাদনকারী উপাদানের আধাররূপে কাজ করে। লোহিত কণিকার রঞ্জক-পদার্থ হিমোগ্লোবিন এবং রক্তরসের ফাইব্রিনোজেন নামক প্রোটিনও যকৃতেই উৎপন্ন হয়। প্লীহা ও যকৃতের মধ্যে প্রাচীন ও বিকৃত রক্তকণিকার বিনাশ ঘটে, এবং হিমোগ্লোবিন হতে মুক্ত লৌহ এই দুই গ্রন্থিতে সঞ্চিত থাকে। উভয় গ্রন্থির মধ্যে প্রচুর পরিমাণে রক্তস্রোতের জন্য তারা কতকটা রক্তের সঞ্চয়-ভাণ্ডার-

রূপে হৃৎপিণ্ডকে অতিরিক্ত রক্তের চাপ হতে রক্ষা করে। প্লীহার মধ্যে জীবাণু ও বিষের প্রতিষেধক, বিশেষত স্বাভাবিক লোহিত কণিকা ধ্বংস-প্রতিষেধক, বস্তু প্রস্তুত হয়ে থাকে এবং যকৃতে তঞ্চন-প্রতিষেধক হিপারিন অথবা প্রোথ্রম্বিন বিরোধী সামগ্রী উৎপন্ন হয়। এতদ্ব্যতীত প্লীহা অনেক সময় রক্তের ছাঁকনির মত কাজ করে, যাতে রক্তের জীবাণু কিংবা অনিষ্টকর অন্যান্য বস্তু প্লীহার মধ্যেই থেকে যায়, এবং এই ভাবেই তাদের দ্বারা আর রক্ত দূষিত হতে পারে না।

(২) বিপাকঘটিত ক্রিয়া—খাদ্যসম্ভূত প্রয়োজনাতিরিক্ত এমাইনো অ্যাসিড হতে যকৃতের মধ্যে ইউরিক অ্যাসিড, ইউরিক ক্রিয়েটিন প্রভৃতি প্রস্তুত হয়ে থাকে। রক্তে শোষিত গ্লুকোজ যকৃতের মধ্যে গিয়ে গ্লাইক্লোজেনে পরিবর্তিত হয় এবং এর অধিকাংশই যকৃতের মধ্যে সঞ্চিত হয়ে থাকে। একই ভাবে গৃহীত সম্পূর্ণ চর্বিগুলিরও যকৃতের মধ্যে যখন অসম্পূর্ণতা ঘটে, তখন তা হতে কার্যশক্তির উৎপত্তি সম্ভবপর হয়। আবার যকৃতের চর্বিতে সর্বাপেক্ষা অধিক ভাইটামিন 'এ' ও 'ডি' সঞ্চিত থাকে, এবং এখানেই খাদ্যের পরিপাক কেরোটিন নামক উপাদান হতে ভাইটামিন 'এ' উৎপন্ন হয়।

(৩) দেহরক্ষাসংক্রান্ত কার্য :—খাদ্যের পরিপাক, শারীরিক পরিশ্রম প্রভৃতি স্বাভাবিক অবস্থায় অথবা কোন কারণে রক্তে অক্সিজেনের অল্পতা, পুনঃ পুনঃ রক্তপাত অথবা কার্বন-মনোক্সাইডের বিষক্রিয়া ঘটলে প্লীহাই বার বার সংকুচিত হয়ে নিজের সঞ্চয়-ভাণ্ডার হতে প্রচুর পরিমাণে লোহিত কণিকাকে রক্তস্রোতে ঠেলে বের ক'রে দিয়ে, ঐ সংকট-মূহূর্তে দেহকে রক্ষা করতে চেষ্টা করে।

যকৃৎও নানা ভাবে দেহকে রক্ষা করতে চেষ্টা করে। বৃহদন্ত্রে প্রস্তুত জীবাণুঘটিত—ইণ্ডল, স্কেটল, ফিনল, ক্রিজল প্রভৃতি অপকারী

সামগ্রী যকৃতের মধ্যে সলফিউরিক অথবা গ্লাইকুরোনিক অ্যাসিডের সঙ্গে নির্দোষ যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি ক'রে দেহকে রক্ষা ক'রে থাকে। তা ছাড়া বিষধর্মী ভারি ধাতুগুলি জীবাণুঘটিত এবং রাসায়নিক কতকগুলি বিষও পিত্তরসে ক্ষরিত হয় ব'লে ঐ সকল বিষের তীব্রতা হ্রাস হয়।

এই সকল কারণে যকৃত দেহের পক্ষে অত্যাবশ্যক ও অপরিহার্য অঙ্গ, কিন্তু প্লীহাকে ঠিক ততটা অপরিহার্য বলা চলে না, কারণ দেখা যায় যে কোনও কারণে তাকে কেটে ফেলে দিলেও দেহের অন্যান্য অংশের অনুরূপ সজাল অন্তরাবরণীয় কোষের (reticulo endothelial cells)দ্বারা ঐ সকল ক্রিয়া চলতে পারে।

৬

সুসমঞ্জস খাদ্য ও পরিপুষ্টি

খাদ্যের উপাদানগুলির শ্রেণীবিভাগ পূর্বেই করা হয়েছে। সকল খাদ্যে ঐ সকল উপাদানের সব কটি নাও থাকতে পারে, এজন্যই সাধারণত মিশ্র খাদ্যগ্রহণ বিধেয়। সুতরাং যে খাদ্য-সমষ্টিতে ঐ সকল উপাদানের সব কটি পরিমাণে ও গুণানুসারে উপযুক্তভাবে আছে, তারই নাম সুসমঞ্জস খাদ্য।

(১) খাদ্যের পরিমাণ—বয়স, আবহাওয়া, শারীরিক পরিশ্রম ও অন্যান্য বিশেষ বিশেষ অবস্থায় বিভিন্ন পরিমাণ খাদ্যের আবশ্যক, এবং এইভাবে দেহের প্রয়োজন সাধারণত কেলরির মাপে স্থিরীকৃত হয়। শরীরবিজ্ঞানমতে এক হাজার গ্রাম জলের তাপ মাত্র এক ডিগ্রী বাড়াতে

যতটুকু উত্তাপের আবশ্যক, তাকেই 'কেলরি' (calorie) বলে। প্রতি গ্রাম শর্করা ও প্রোটিন হতে ৪'১ কেলরি এবং প্রতি গ্রাম স্নেহ হতে ৯'৩ কেলরি উত্তাপ জন্মে। একজন মিতশ্রমী প্রাপ্তবয়স্ক ব্যক্তির পক্ষে দৈনিক প্রায় ২৬০০ কেলরি আবশ্যক। দশ বছর হতে চোদ্দ বছর বয়স পর্যন্ত সাধারণত দৈনিক ১৮২০-২০৮০ কেলরি, ছয় হতে নয় বছর পর্যন্ত ১৩০০ হতে ১৫৬০ কেলরি, দুই হতে পাঁচ বছর পর্যন্ত ৭৮০ হতে ১৩০০ কেলরি এবং দুই বছরের কম বয়স্ক শিশুর পক্ষে ৫২০ কেলরি দৈনিক আবশ্যক। স্বাভাবিক অবস্থায় মেয়েদের পুরুষের অপেক্ষা কিছু কম হ'লেও চলে, কিন্তু গর্ভাবস্থা কিংবা স্তন্যদানকালে ২৬০০-২৮০০ কেলরি আবশ্যক। আবার যাদের অতিরিক্ত কায়িক পরিশ্রম করতে হয়, তাদের পক্ষে ২৮০০-৩৬০০ কেলরির প্রয়োজন। সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে খাদ্যতালিকা এমন ভাবে প্রস্তুত করতে হবে যে, প্রয়োজনীয় কেলরির অধিকাংশ অর্থাৎ প্রায় তিন ভাগ স্নেহ ও শর্করা জাতীয় উপাদান হতে এবং বাকি এক ভাগ মাত্র প্রোটিন হতে পরিপূরণ হতে পারে ; কিন্তু শর্করা ও স্নেহ-উপাদানের মধ্যে ঘি, মাখন প্রভৃতি ব্যয়সাধ্য ব'লে প্রায়শ ভাত, রুটি প্রভৃতি শর্করাজাতীয় উপাদানের দ্বারাই কম খরচে দেহের প্রয়োজন মিটোতে হয়।

(২) উপাদানের যোগ্যতা—স্নেহ ও শর্করা যেমন কর্মশক্তিদায়ক উপাদান ব'লে পরিচিত, ঠিক তেমনি প্রোটিন, ভাইটামিন ও লবণ-জাতীয় উপাদানগুলি দেহরক্ষক উপাদান ব'লে বিবেচিত হয়। মাছ, মাংস, ছানা, ডিম প্রভৃতি প্রাণিজ প্রোটিনগুলি সহজপাচ্য এবং অনেকটা আমাদের দেহের প্রোটিনের অনুরূপ ব'লে খাদ্যহিসাবে দাল প্রভৃতির উদ্ভিজ্জ প্রোটিন অপেক্ষা সর্বাংশে শ্রেয়। সেজন্য আমাদের দৈনিক আবশ্যক প্রায় একশো গ্রাম প্রোটিনের মধ্যে প্রায় তিন ভাগের এক

ভাগ প্রাণিজ হ'লেই ভাল হয়। উদ্ভিজ্জ প্রোটিন সাধারণত দাল হতে অধিকপরিমাণে খেলেও আমরা-প্রতিদিন যে পরিমাণ ভাত অথবা রুটি খাই, তার প্রোটিনের পরিমাণও বড় কম নয়। অধুনা দেখা গেছে যে চালের প্রোটিন গমের প্রোটিন হতে দেহক্ষয় পূরণের জন্য অধিকতর উপযোগী, কিন্তু গমের মধ্যে প্রোটিনের পরিমাণ চাল অপেক্ষা বেশি থাকাতে ভাতের সঙ্গে কিছু আটার রুটি খাওয়া ভাল। গুণানুসারে দালগুলির মধ্যে ছোলা ও মুগই সবচেয়ে ভাল। শিশু ও রুগ্ন ব্যক্তি গর্ভিনী ও স্তন্যদাত্রী জননীর পক্ষে প্রোটিনের পরিমাণ কিছু অধিকই গ্রহণ বাঞ্চনীয়।

উদ্ভিজ্জ ও জৈব স্নেহের মধ্যে কর্মশক্তির উদ্ভবের জন্য কোন পার্থক্য না থাকলেও প্রাণিজ স্নেহে ভাইটামিন 'এ', 'ডি', 'ই', ও 'কে' প্রভৃতি যথেষ্ট পরিমাণে থাকে ব'লে ঘি মাখন প্রভৃতি শেষোক্ত স্নেহ-পদার্থ খাদ্য-হিসাবে যতটা সম্ভব গ্রহণ করা উচিত।

এতদ্ব্যতীত দেহরক্ষার জন্য, দৈনিক প্রায় এক গ্রাম ক্যালসিয়ম, ও ফসফরস ঘটিত লবণ এবং ২০ মিলিগ্রাম লোহা থাকা একান্ত অবশ্যক। প্রথম দুই শ্রেণীর লবণ দেহবৃদ্ধির (অস্থিবৃদ্ধি) এবং তামা, মেঙ্গানীজসহ লোহাঘটিত লবণ রক্তের অল্পতা প্রতিরোধের জন্য অত্যাবশ্যক।

এই হিসাবে বিভিন্ন ভাইটামিনের আবশ্যকতার কথা পূর্বেই বলা হয়েছে।

এরূপ সকল উপাদানের সমন্বয়ে গঠিত সুসমঞ্জস একটিমাত্র খাদ্য খুঁজে বের করা কঠিন। কেবল দুধ আর ডিম কতকটা এর কাছাকাছি পৌছয়, কেন না এদের মধ্যে দেহরক্ষাকারী ও কর্মশক্তিদায়ক সকল উপাদানই কতকটা থাকে ব'লে এদের আদর্শ খাদ্য ব'লে মনে করা যেতে পারে। দুধে শতকরা চার ভাগ প্রোটিন, যথেষ্ট পরিমাণে

ক্যালসিয়ম ও ফসফরস এবং ভাইটামিন 'এ' 'বি$_2$' ও 'ডি' থাকাতে দেহবৃদ্ধির জন্য শিশুদের পক্ষে দুধ অপরিহার্য খাদ্য। একই কারণে রুগ্ন ও গর্ভবতীর পক্ষেও তা উপযোগী খাদ্য, কিন্তু দুধে জলীয় অংশ এত বেশি যে পরিণতবয়স্ক সুস্থ ব্যক্তির পক্ষে শুধু দুধ পান ক'রে বেঁচে থাকতে হ'লে এত অধিক পরিমাণে দুধের আবশ্যক যে, তা অত্যন্ত ব্যয়সাধ্য এবং একঘেয়ে হয়ে দাঁড়ায়।

ডিমের সাদা এবং হলদে অংশে যথেষ্ট পরিমাণে প্রোটিন আছে, তা ছাড়া কুসুমের স্নেহজাতীয় উপাদান, লবণ ও ভাইটামিন 'এ', 'বি' ও 'ডি' যথেষ্ট পরিমাণে থাকায় খাদ্যহিসাবে একেও দুধের মত একটি আদর্শ খাদ্য বলা যেতে পারে।

৭

অসার পদার্থের রেচন

খাদ্য ও পানীয়ের সার অংশটি দেহকার্যে নিয়োগের পর অসার অংশের কতকটা কি ভাবে মল ও ঘামরূপে, এবং সময় সময় নিশ্বাসের সঙ্গেও বেরিয়ে যায়, পূর্বেই তা বলা হয়েছে। অসার বস্তুগুলির যা বাকি থাকে তার মূত্রের সঙ্গে বহিষ্কার ঘটে। এই ভাবে রেচন-ক্রিয়ার জন্য বৃক্ক, গবিনী ও মূত্রাশয়ই দায়ী।

মেরুদণ্ডের দুই দিকে পেটের মধ্যে দুটি বৃক্কের অবস্থান। বৃক্ক-ধমনীর দ্বারা যে রক্ত বৃক্কে প্রবাহিত হয়, তাতেই তার গ্লোমেরিউলাসের দ্বারা ছাঁকন-প্রক্রিয়ার ফলে রক্তের প্রোটিন (অ্যালবুমিন, গ্লোবিউলিন প্রভৃতি) ব্যতীত অন্যান্য সকল উপাদনগুলি মূত্রনলীর প্রথমাংশে উপস্থিত হয়।

অতঃপর যে উপাদানগুলি দেহের পক্ষে অত্যাবশ্যক (যথা, গ্লুকোজ) তাহা সম্পূর্ণরূপে, এবং জলীয় ভাগ এবং লবণ প্রভৃতিও আংশিকভাবে পুনঃ শোষণ-ক্রিয়ার দ্বারা রক্তের মধ্যে ফিরে যায়। অন্যান্য ইউরিয়া, ইউরিক অ্যাসিড, ক্রিয়েটিনিন প্রভৃতি অসার উপাদানগুলি, এবং মূত্রনলিকায় ক্ষরিত অ্যামোনিয়া, হিপ্‌পিউরিক অ্যাসিড প্রভৃতিও দ্রবীভূত ক্লোরাইড, ফসফেট, সালফেট প্রভৃতি লবণের সহিত প্রথমে বৃক্ক-গহ্বরে এবং তা হতে গবিনীর সাহায্যে তলপেটে মূত্রাশয়ে ফোঁটা ফোঁটা ক'রে গিয়ে জমা হতে থাকে। ঐ সময় মূত্রাশয়ের পেশীর অল্প সংকোচন হতে থাকলেও শীঘ্রই তার অবসান হয় এবং যখন ৩০০-৪০০ সি সি মূত্র তাতে জমা হয়, তখনই হঠাৎ তার মধ্যে চাপবৃদ্ধির ফলে একই সঙ্গে তার পেশীময় প্রাচীরের সংকোচন ও মূত্রাশয়ের মুখের শৈথিল্য ঘটে ব'লে মূত্রের বহিষ্কার ঘটে। ঐ সময়ে মূত্রত্যাগের ইচ্ছা জন্মে, এবং ইচ্ছাক্রমে পেটের পেশীগুলির চাপও বৃদ্ধি হয় ব'লে মূত্রাশয়ের উপর চাপ দিয়ে মূত্র ত্যাগের সহায়তা করা হয়। ইচ্ছা-শক্তির প্রভাবে খানিকক্ষণ মূত্র ত্যাগ বন্ধ রাখা সম্ভবপর হ'লেও, যখন তার মধ্যে চাপ ১০০ সেন্টিমিটারের অধিক হয় তখন অনিচ্ছাসত্ত্বেও আপনি মূত্র স্খলন হয়ে যায়। শিশুদের মূত্রত্যাগ প্রক্রিয়ার উপর ইচ্ছাশক্তির কোন প্রভাবই নেই, এজন্য তারা নিজের অজ্ঞাতসারে যখন তখন মূত্র ত্যাগ ক'রে কাপড়জামা নষ্ট ক'রে বসে। ধীরে ধীরে অভ্যাসের বশে যখন ইচ্ছাশক্তির প্রভাব মূত্রাশয়ের উপর এসে পড়ে, তখন হতেই তারা ইচ্ছানুরূপ মূত্র ত্যাগ করতে পারে।

মস্তিষ্কের বিভিন্ন অংশ, সুষুম্নাকাণ্ড ও স্নায়ুর ক্রিয়া

এক স্থান হতে অপর স্থানে সংবাদ আদানপ্রদানের জন্য প্রত্যেক সভ্য দেশে দুটি পদ্ধতি প্রচলিত দেখতে পাওয়া যায়, একটি সময়সাপেক্ষ —ডাক বিভাগ, অপরটি ত্বরিত—টেলিগ্রাফ বিভাগ। আমাদের দেহের মধ্যেও অনুরূপ দুটি বিভাগ আছে ; রক্তপ্রবাহ ডাক বিভাগের চিঠি-পত্র, পার্সেল প্রভৃতির ন্যায় পরিপুষ্টি, অক্সিজেন, অন্তঃক্ষরণ প্রভৃতি যেমন এক স্থান হতে অপর স্থানে নিয়ে যায়, আবার তেমনি অসার এবং অনিষ্ট-কর বস্তুকেও ঠিক বিপরীত দিকে ব'য়ে নিয়ে তাদের রেচনের সাহায্য ক'রে থাকে। অপর পক্ষে দেহের সমগ্র স্নায়ুতন্ত্রটি টেলিগ্রাফ বিভাগের সমতুল্য ; মস্তিষ্কের বিভিন্ন অংশ ও সুষুম্নাকাণ্ড এর হেড-অফিস, দেহের সকল অঙ্গপ্রত্যঙ্গগুলি এর শাখা-অফিস, স্নায়ুগুলি উভয়ের সংযোগকারী তার, ইন্দ্রিয়-স্থানগুলি সংবাদগ্রাহক, এবং পেশী, কণ্ডরা, গাঁট ও গ্রন্থি-গুলি আজ্ঞাবহ সক্রিয়তার বাহন। সুতরাং যে বিশেষ তন্ত্রের সাহায্যে, আমরা দেখি, শুনি, ঘ্রাণ অথবা আস্বাদ নিই, অথবা উত্তাপ, শীত, স্পর্শ, বেদনা প্রভৃতি অনুভব করি, ভালমন্দ বিবেচনা করি, সুখ-দুঃখ টের পাই, অথবা দেহের অঙ্গপ্রত্যঙ্গকে ইচ্ছানুসারে অথবা কখনো কখনো সম্পূর্ণ অজ্ঞাতসারেই চালনা করি, তারই নাম স্নায়ুতন্ত্র অথবা নার্ভতন্ত্র (nervous system) ; এই তন্ত্রকে দুই ভাগে ভাগ করা হয় :—

(১) মেরুমস্তিষ্কতন্ত্র (cerebrospinal system), এবং

(২) স্বতন্ত্র স্নায়ুতন্ত্র (autonomic system)

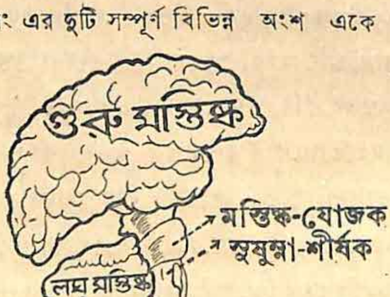
স্নায়ুতন্ত্রের এই অংশকে আবার দুই ভাগে বিভক্ত করা হয়, যথা—

(১) কেন্দ্রীয় (central) অংশ অর্থাৎ গুরুমস্তিষ্ক, লঘুমস্তিষ্ক, মস্তিষ্কযোজক, মধ্যমস্তিষ্ক, সুষুম্নাশীর্ষক এবং সুষুম্নাকাণ্ড ; এবং

(২) বহিরংশ (peripheral)—অর্থাৎ অন্তর্মুখ ও বহির্মুখ স্নায়ু (afferent and efferent nerves) এবং তাদের সংশ্লিষ্ট স্নায়ুগ্রন্থি অথবা গ্যাংলিয়নসমূহ (ganglia)।

কেন্দ্রীয় অংশের প্রথম পাঁচটি ভাগ করোটির মধ্যে এবং সুষুম্না-কাণ্ডটি মেরুদণ্ডের মধ্যে থাকে, এবং তাদের তিনটি সুস্পষ্ট আবরণের মধ্যে যে বিশেষ তরল পদার্থ থাকে, তাই আবার মস্তিষ্কের ভিতরের পার্শ্ববর্তী দুটি এবং তৃতীয়, চতুর্থ নিলয়ের মধ্যে এবং সুষুম্নাকাণ্ড মধ্যস্থ কেন্দ্রীয় প্রণালীতেও থাকে।

গুরুমস্তিষ্ক (Cerebrum)—মস্তিষ্কের এই অংশটিই সর্বাপেক্ষা আকারে বড় এবং এর দুটি সম্পূর্ণ বিভিন্ন অংশ একে অন্যের সহিত



কর্পস কেলোসম (corpus callosum) নামক বন্ধনীর দ্বারা যুক্ত। কতকগুলি গভীর খাঁজের দ্বারা গুরুমস্তিষ্কের অর্ধাংশ দুটি কতকগুলি

পিণ্ডে (lobes) এবং ঐ পিণ্ডগুলিও আবার কতকগুলি অগভীর খাঁজের (sulci) দ্বারা ছোট ছোট পিণ্ডকে (gyri) বিভক্ত হয়ে থাকে। এই সকল বিভাগের কোনটি দৃষ্টিকেন্দ্র, কোনটি শ্রুতিকেন্দ্র, কোনটি ঘ্রাণ-কেন্দ্র, কোনটি স্বাদকেন্দ্র, কোনটি সাধারণ অনুভূতির কেন্দ্র, কোনটি অঙ্গপ্রত্যঙ্গচালনার কেন্দ্র, আবার কোনটি বা মনন, চিন্তন প্রভৃতি উচ্চাঙ্গের মানসিক ক্রিয়ার কেন্দ্র। এক কথায় বলতে গেলে, গুরু-মস্তিষ্কই দেহের প্রকৃত কর্তা ; বাড়ির কর্তার অজ্ঞাতসারে এবং অনুমতি ব্যতীত যেমন বাড়িতে কিছুই ঘটতে পারে না, আমাদের দেহেও তেমনি গুরুমস্তিষ্কের অগোচরে এবং তার আদেশ ব্যতীত অতি অল্প ক্রিয়াই চলতে পারে। মানবেতর প্রাণীর গুরুমস্তিষ্কে এতগুলি পিণ্ডক সাধারণত থাকে না, এবং সদ্যজাত শিশুর মস্তিষ্কেও পিণ্ডকগুলি সংখ্যায় কম থাকে, কিন্তু বয়সের সঙ্গে সঙ্গে নিত্য নূতন পিণ্ডকের আবির্ভাব হতে দেখা যায়। সুতরাং যার গুরুমস্তিষ্কে এইরূপ পিণ্ডকের সংখ্যা যত বেশি হয়, সে তত বেশি বিদ্বান, বুদ্ধিমান ও চিন্তাশীল হয়, এ মনে করবার যথেষ্ট কারণ আছে। গুরুমস্তিষ্কের উপাদানের মধ্যে কতকগুলি ধূসর পিণ্ডক থাকে, তাদের মস্তিষ্কপাদস্থ গ্রন্থি (Basal ganglia) বলে এবং এদের সাহায্যে পেশীর স্বাভাবিক কুঞ্চন রক্ষা হয় এবং তার সূক্ষ্ম আন্দোলনও নিয়ন্ত্রিত হয়ে থাকে।

গুরুমস্তিষ্কের অবতেজনার জন্যই ঘুম আসে, আবার ক্রমাগত অভ্যাসের ফলে গুরুমস্তিষ্কের প্রভাবে কতকগুলি আবস্থিক প্রতিবর্তিত (conditioned reflexes) ক্রিয়াও ঘটতে থাকে। দৃষ্টান্ত স্বলে, প্রতিদিন যে সময়ে খাই বা শু'তে যাই, ঠিক সেই সময়েই ক্ষুধা ও নিদ্রার আবির্ভাব প্রত্যেকেই লক্ষ্য ক'রে থাকেন। যদি কোন কারণে পারিপার্শ্বিক অবস্থার পরিবর্তন হয়, তা হ'লে ঠিক সময়ে ক্ষুধার ও নিদ্রার

উদ্রেক নাও হতে পারে ; যেমন, নূতন স্থানে, অপরিচিত শয্যায় সহজে ঘুম আসতে চায় না, কিন্তু দু-তিন দিনের অভ্যাসের ফলে, পুনরায় অভ্যস্ত অবস্থা ফিরে আসে। আবার অভ্যাসের ফলে গুরুমস্তিষ্কের মধ্যে নূতন নূতন পিণ্ডকের ও কেন্দ্রের উৎপত্তির ফলে এক দিকে যেমন স্মৃতি, দৃষ্টি অথবা ঘ্রাণশক্তি প্রখর হয়, আবার অন্য দিকে কোন বিশেষ কার্যের প্রতি আসক্তি ও ক্রমে তাতে কুশলতা দেখা যায়। সুতরাং থিয়োডোর রুজভেল্টের মতে "নেপোলিয়ন অতিবিকশিত মনোবৃত্তিসম্পন্ন একজন সাধারণ মানুষ ছিলেন" এ কথাটা সর্বাংশে সত্য ।

পূর্বেই বলা হয়েছে যে প্রত্যেক গুরুমস্তিষ্কের অভ্যন্তরে পার্শ্ববর্তী নিলয় (lateral ventricles) নামক একটি গহ্বর আছে, আবার কিঞ্চিৎ পশ্চাৎভাগে এদের সঙ্গে সংযুক্ত তৃতীয় নিলয় (third ventricle) নামক আর একটি গহ্বর দেখা যায়, এই গহ্বরগুলির মধ্যে একটি বিশেষ তরল পদার্থ (cerebrospinal fluid) উৎপন্ন হয় এবং তারা তাতে পূর্ণ থাকে। তৃতীয় নিলয় সুষুম্নাশীর্ষকের পশ্চাতের চতুর্থ নিলয়ের (fourth ventricle) সহিত একটি সংযোজক প্রণালীর দ্বারা যুক্ত থাকে এবং সুষুম্নাকাণ্ডের আভ্যন্তরিক কেন্দ্রীয় প্রণালীটি (central canal of the spinal cord) চতুর্থ নিলয়ের সহিত যুক্ত ব'লে এই তরল পদার্থটি এক গহ্বর হতে অপর গহ্বরে এই প্রণালীতে প্রবাহিত হতে থাকে। আবার মস্তিষ্কের বিভিন্ন অংশ ও সুষুম্নাকাণ্ডের বাইরে যে তিনটি আবরণ (membranes) থাকে, তার মধ্যাবরণের নিম্নে অথবা তদ্‌ঘটিত আধারের (cisternœ) সহিত কতকগুলি ছিদ্রপথে (foramina) আভ্যন্তরিক গহ্বরগুলির যোগাযোগ থাকাতে মস্তিষ্কের ও সুষুম্নাকাণ্ডের বাইরেও এই তরল পদার্থটি সঞ্চালিত হতে থাকে। এই ভাবে কেন্দ্রীয় স্নায়ুতন্ত্রের অংশগুলি আভ্যন্তরিক রক্তের চাপ বৃদ্ধি

অথবা বাইরের আঘাত হতে রক্ষিত হয়। আবার রক্ত হতে মস্তিষ্কের বিভিন্ন অংশে অক্সিজেন প্রভৃতি পরিপুষ্টির এবং তাদের মধ্যস্থ নানা দূষিত পদার্থের রক্তে বহনের মধ্যপন্থী সামগ্রীরূপেও কার্য করে।

থ্যালামস ও অধস্থ্যালামস (Thalamus & hypothalamus)—তৃতীয় নিলয়ের ভিতরের দিকে ধূসর রঙের যে বড় অংশটি দেখা যায় তাকে থ্যালামস কহে, আবার ইহার ঠিক নীচেই তৃতীয় নিলয়ের প্রাচীরের মধ্যে অধস্থ্যালামস নামক অংশ থাকে। দেহের আদিম সংবেদীয় কেন্দ্ররূপে থ্যালামস আমাদের যে কোন তীব্র অনুভূতি (অতি শীত, অতি গ্রীষ্ম, অতি বেদনা প্রভৃতি) এবং গাঁটগুলির তীব্র ও অস্বাভাবিক আন্দোলন সম্বন্ধে চেতনা উৎপন্ন করে, কিন্তু পার্থক্যবোধক নাতি অনুভূতির কেন্দ্র গুরুমস্তিষ্কে অবস্থিত। এর সাহায্যে একদিকে যেমন ব্যথা, সুখ, দুঃখ প্রভৃতির স্বরূপ জানা যায়, আবার তেমনি ক্রোধ, অনুরাগ, লজ্জা প্রভৃতি মানসিক উত্তেজনাজনিত প্রতিবর্তিত ক্রিয়াগুলিও থ্যালামসের দ্বারাই সাধিত হয়।

আত্মরক্ষা অথবা জীবন ধারণের জন্য আক্রমণাত্মক পরাসমব্যথী বা সমব্যথী স্নায়ুর (parasympathetic and sympathetic nerves) ক্রিয়া এবং ভয়, ক্রোধ প্রভৃতি মানসিক চাঞ্চল্যকর ছদ্ম অবস্থা অধস্থ্যালামসের দ্বারা সুনিয়ন্ত্রিত হয়। পিটুইটারি গ্রন্থির (Pituitary gland) মূত্র-প্রতিরোধক ও জরায়ু-সংকোচক উত্তেজক উপাদানগুলির ক্ষরণের দ্বারা দেহের জলীয় ভাগ, স্নেহ ও শর্করা জাতীয় উপাদানের বিপাক (metabolism) প্রক্রিয়াও এই অংশের সাহায্যে ঘটে। অধিকন্তু নিদ্রা এবং দেহের তাপ-সংরক্ষণের সহিতও অধস্থ্যালামস ঘনিষ্ঠ ভাবে সংশ্লিষ্ট।

মধ্যমস্তিষ্ক (Mid-brain)– মস্তিষ্কে যে সরু ছোট অংশ একদিকে

গুরুমস্তিষ্ক ও থ্যালামস এবং অপর দিকে মস্তিষ্কযোজক ও লঘুমস্তিষ্কের সংযোগ ঘটায়, তাকেই মধ্যমস্তিষ্ক কহে। এর পশ্চাৎভাগে চারটি ঢিবি আছে ব'লে তাকে পিণ্ড-চতুষ্টয় (corpora quadrigemina) বলে। উপরের এই দুটি পিণ্ড নিম্নদৃষ্টিকেন্দ্র নামে পরিচিত, কেননা সহসা চোখে তীব্র আলোকপাতে, চোখের তারা যে ছোট হয়ে যায় অথবা চোখের পাতা আপনি বুজে আসে, এ সকল ক্রিয়া এদের দ্বারাই ঘ'টে থাকে। এইরূপে নিম্ন পিণ্ড দুটি শ্রুতিবহ তন্তুগুলির বিরতিস্থানরূপে নিম্নশ্রুতিকেন্দ্র নামে অভিহিত হয়।

এই অংশের মধ্যে লোহিত নিউক্লিয়স (red nucleus) ও কৃষ্ণোপাদান (substantia nigra) নামক দুটি সুস্পষ্ট অংশ আছে। খুব সম্ভবত প্রথমটির দ্বারা পেশীর কতকগুলি বিশিষ্ট সঞ্চালনক্রিয়া সাধিত হয়, কারণ গুরুমস্তিষ্ক, লঘুমস্তিষ্ক প্রভৃতি হতে আগত উত্তেজনা-প্রবাহের, চেষ্টীয় মেরু অথবা করোটিসংলগ্ন স্নায়ুর কেন্দ্রে গিয়ে পৌঁছবার আগে এখানেই তাদের আবশ্যকমত পরিবর্তন ঘটে। কৃষ্ণোপাদান নামক অংশও একইভাবে নৃত্য, ব্যায়াম প্রভৃতিতে যে সকল নিপুণ অঙ্গসঞ্চালন আবশ্যক, তাদের জন্য উপযুক্ত বহিরাগত উত্তেজনাকে একত্রীকৃত ক'রে থাকে ; এইজন্য নর এবং বানর দেহে এই অংশের বিশেষ প্রাধান্য লক্ষিত হয়।

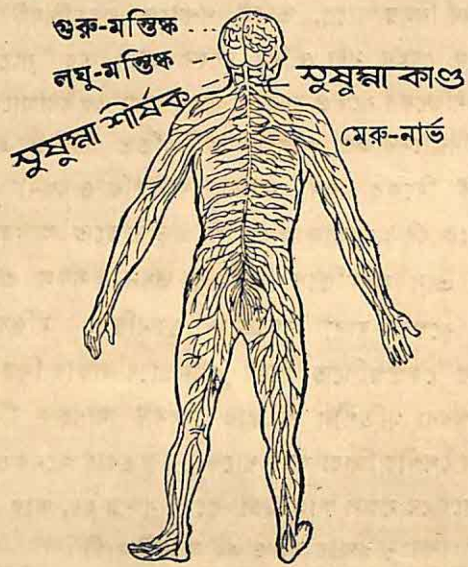
মস্তিষ্কযোজক (Pons)—মধ্যমস্তিষ্কের সঙ্গে সুষুম্নাশীর্ষক ও লঘুমস্তিষ্কের সংযোগকারী অংশকে মস্তিষ্কযোজক বলে। শ্বসনক্রিয়ার সময় এই অংশের দ্বারা নাসিকা, গলবিল, বাগ্‌যন্ত্র প্রভৃতির এবং বাক্‌স্ফুরণকালে বাগ্‌যন্ত্রের ক্রিয়াও নিয়ন্ত্রিত হয়। আহারের সময় মুখের ও গলাধঃকরণের পেশীগুলির ক্রিয়া এবং কারো মতে চক্ষু, কর্ণ ও গ্রীবার উপযুক্ত সংস্থানও এই অংশের সাহায্যে নিয়ন্ত্রিত হয়। তা ছাড়া নাসিকা, নেত্রবর্ত্মকলা

(conjunctiva), পিচুটি-গ্রন্থি (lachrymal glands) এবং নিম্নচোয়াল-সংশ্লিষ্ট নানা প্রতিবর্তিত ক্রিয়াও এর দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়ে থাকে।

লঘুমস্তিষ্ক (Cerebellum)—মস্তিষ্কযোজক ও সুষুম্নাশীর্ষকের পশ্চাতে চতুর্থ নিলয় আছে, তারই পশ্চাতে লঘুমস্তিষ্কটি থাকে এবং তাদের সঙ্গে যেমন মধ্য ও নিম্ন বৃন্তের দ্বারা এর সংযোগ আছে, তেমনি মধ্যমস্তিষ্কের সঙ্গেও সর্বোচ্চ বৃন্তের দ্বারা এর যোগাযোগ সাধিত হয়। অঙ্গবিন্যাসের জন্য আবশ্যক প্রতিবর্তিত ক্রিয়ার এটাই প্রধান কেন্দ্র। এই দিকের পেশী কণ্ডরা, অস্থিসন্ধি ও বন্ধনী এবং অপর দিকের অন্তঃকর্ণের অর্ধবৃত্তাকার প্রণালী প্রভৃতি হতে অসংজ্ঞ অনুভূতি-গুলি যখন এসে লঘুমস্তিষ্কে পৌছয়, তখন ঐ সকল প্রবাহ তিনটি সংযোজক বৃন্তের দ্বারা যথাক্রমে গুরুমস্তিষ্ক, মস্তিষ্কযোজক ও সুষুম্নাকাণ্ডের কেন্দ্রগুলিতে গিয়ে এমনভাবে প্রভাব বিস্তার করে যে, স্থিতিশীল অথবা গতিশীল অবস্থায় যেমনটি আবশ্যক ঠিক তেমনটি দেহের সমগ্র পেশীর ক্রিয়া ঘ'টে থাকে। সুতরাং অনেকগুলি পেশীর ক্রিয়ার সমন্বয়ে যে সকল কাজ সুচারুরূপে সম্পন্ন হয়, তার এবং পেশীর স্বাভাবিক সংকোচন রক্ষার জন্যও এই অংশটি দায়ী।

সুষুম্নাশীর্ষক (Medulla oblongata)—সুষুম্নাকাণ্ডের উপরি-ভাগে, মস্তিষ্কযোজকের নিম্নেই এই অংশটি অবস্থিত। এই স্থানটি বড়ই সাংঘাতিক, কারণ এই স্থানে কোনরূপে আঘাত লাগলে সংজ্ঞা লোপ হয় এবং সময় সময় মৃত্যু পর্যন্ত ঘটতে পারে। হৃৎস্পন্দন, শ্বসন, ধমনী-সংকোচন, গলাধঃকরণ, লালানিঃসরণ, বমন প্রভৃতির কেন্দ্র মস্তিষ্কের এই অংশে আছে। বিজ্ঞানী ক্লাডবার্নাড-এর মতে যকৃতে শর্করা হতে গ্লাইকোজেনের রূপান্তরের কেন্দ্রের অবস্থানও মস্তিষ্কের এই অংশে। ব্যাঙ প্রভৃতি ইতর প্রাণীর এই অংশই মস্তিষ্কের সর্বাপেক্ষা প্রধান অংশ,

কিন্তু অভিব্যক্তির ফলে উচ্চতর প্রাণীদের কেবল জীবনধারণের অত্যাবশ্যক কেন্দ্রগুলিই এই অংশে থাকে, এই উচ্চবৃত্তিমূলক কেন্দ্রগুলি ক্রমশ উপরে গিয়ে গুরুমস্তিষ্কে স্থান লাভ করে।



সুষুম্নাকাণ্ড (Spinal cord)—মেরুদণ্ডমধ্যস্থ নলাকার প্রণালীতে ইহা একটি রজ্জুর আকারে বস্তিপ্রদেশ পর্যন্ত নেমে গিয়ে, অবশেষে অতি সরু লাঙ্গুলান্তে (filum terminale) শেষ হয়েছে; এটি প্রায় ষোল ইঞ্চি লম্বা এবং একটি আঙুলের মত মোটা। মাথার নীচে শরীরের সকল অংশ হতে স্পর্শ, বেদনা, উত্তাপ প্রভৃতি সংবেদীয় অনুভূতি, পেশী-কণ্ডরা, অস্থিসন্ধি ও বন্ধনী হতে অঙ্গবিন্যাসসংশ্লিষ্ট অসংজ্ঞ পেশীর অনুভূতির কেন্দ্রাংশে বহন, চেষ্টীয় কেন্দ্রকোষের দ্বারা পেশীর সংকোচন এবং চেষ্টীয় তন্ত্রর উপরকার অংশের দ্বারা এদের স্বাভাবিক নিয়ন্ত্রণক্রিয়া

প্রভৃতি সুষুম্নাকাণ্ডের দ্বারা সাধিত হয়। সহযোগী শ্বসনকেন্দ্র ও নিম্ন ধমনী সংকোচক কেন্দ্র এতে থাকাতে সময় সময় শ্বাসপ্রশ্বাস ও রক্ত-চলাচলের নিয়ন্ত্রণও এর দ্বারা হতে পারে। সমব্যথী স্নায়ুর উৎপত্তিস্থল ব'লে তারারন্ধ্রের বিস্ফারণ, লালার ক্ষরণ, হৃৎস্পন্দনের গতি ও সংখ্যাবৃদ্ধি, পাকস্থলী ও অন্ত্রের বিকোচন, রক্তপ্রণালীর সংকোচন, অ্যাড্রিনেলিনের ক্ষরণ প্রভৃতিও এর দ্বারা প্রভাবিত হয়। এতদ্ব্যতীত মল ও মূত্র ত্যাগ, সন্তানপ্রসব এবং হাঁটুর ঝাঁকানি (knee-jerk) প্রভৃতির কেন্দ্রও সুষুম্নাকাণ্ডের নিম্নভাগে অবস্থিত।

শাখা-স্নায়ু

এইগুলিকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয়ঃ—(১) করোটি স্নায়ু ও (২) মেরু স্নায়ু। মস্তিষ্কের বিভিন্ন অংশ হতে বারো জোড়া এরূপ স্নায়ু উৎপন্ন হয়, এই করোটির বিভিন্ন ছিদ্রপথে নাসিকা, চক্ষু, মুখমণ্ডল, কান, হৃৎপিণ্ড, ফুসফুস, অন্ত্র, জিহ্বা প্রভৃতিতে গিয়ে শেষ হয়। নিম্নে তাদের নাম, উৎপত্তি ও ক্রিয়া দেওয়া গেলঃ

(১) ঘ্রাণবহ স্নায়ু (olfactory nerve)—নাসিকার অভ্যন্তরে ঘ্রাণেন্দ্রিয় হতে উৎপন্ন হয়ে ঘ্রাণ-অনুভূতিকে ঘ্রাণকেন্দ্র হাইপো-ক্যাম্পাসএ নিয়ে যায়।

(২) দৃষ্টিবহ স্নায়ু—(optive nerve)—অক্ষিপট হতে আরম্ভ হয়ে আংশিকভাবে অপর স্নায়ুটিকে অতিক্রম ক'রে গুরুমস্তিষ্কের পশ্চাৎ পিণ্ডে অবস্থিত দৃষ্টিকেন্দ্রে, দৃষ্টি-অনুভূতি বহন করে।

(৩) অক্ষিগোলকের পেশীসমূহের চেষ্টীয় স্নায়ু (occulomotor nerve)—এর উৎপত্তিকেন্দ্রটি মধ্যমস্তিষ্কে তৃতীয় ও চতুর্থ নিলয়ের

সংযোজক প্রণালীকে ঘিরে থাকে। উপরে, নীচে এবং নাকের দিকে চোখ ঘুরোতে হ'লে এই স্নায়ুর ক্রিয়া আবশ্যক। তা ছাড়া এর সাহায্যে চোখের উপরের পাতাও উঠনো যায় এবং চোখের তারাও তীব্র আলোকে ছোট হয়ে থাকে।

(৪) অক্ষিগোলকের উর্ধ্ববক্রগ পেশীর স্নায়ু (trochlear nerve)—এর সাহায্যে চোখকে ব্যগ্রভাবে নীচের দিকে ঘুরনো যায়।

(৫) মুখমণ্ডলের সংবেদীয় ত্রিশাখ স্নায়ু (trigeminal nerve)—সমগ্র মুখমণ্ডলের সাধারণ অনুভূতিগুলি অর্ধচন্দ্রাকার স্নায়ুগ্রন্থিতে নিয়ে যায়। এর যে ক'টি চেষ্টীয় তন্তু আছে, তারা মধ্যমস্তিষ্কে উৎপন্ন হয়।

(৬) অক্ষিগোলকের বহিঃপার্শ্বস্থ পেশীর স্নায়ু (abducent nerve)—এর কেন্দ্রটি মধ্যমস্তিষ্কে তৃতীয় স্নায়ুর কেন্দ্র ও লোহিত নিউক্লিয়সের মাঝামাঝি অবস্থিত, এবং এর দ্বারা এক চোখকে বাহিরের দিকে এবং একই সঙ্গে অপর চোখকে নাকের দিকে ঘুরনো সম্ভবপর।

(৭) মৌখিক স্নায়ু (facial nerve)—চতুর্থ নিলয়ের ভূমিতে ষষ্ঠ স্নায়ুকেন্দ্রের উভয় দিকের কেন্দ্র হতে উৎপন্ন হয় এবং সংবেদীয় কতকগুলি তন্তুও এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে থাকে। এর দ্বারা মুখের সকল পেশীর ক্রিয়া চলে, এবং একটি বিশিষ্ট সংবেদীয় শাখার দ্বারা জিভের সম্মুখের তিনভাগের দু-ভাগ হতে স্বাদ-অনুভূতি লাভ হয়।

(৮) শ্রুতিবহ স্নায়ু (auditory nerve)—শ্রবণেন্দ্রিয় হতে উৎপন্ন হয়ে অপর স্নায়ুকে আংশিকভাবে ব্যতিক্রম ক'রে মস্তিষ্কের রগস্থানীয় পিণ্ডে (temporal lobe) শ্রুতিকেন্দ্রে গিয়ে শেষ হয়ে থাকে। এর সাহায্যে শ্রুতি-প্রবাহ বাহিত হয়।

(৯) জিহ্বামূলীয় স্নায়ু (glossopharyngeal nerve)—এর উৎপত্তিকেন্দ্র সুষুম্নাশীর্ষকে অবস্থিত। এর সাহায্যে গলবিলের পেশীগুলির

সংকোচন হয় এবং সংবেদীয় তন্তুগুলি জিভের পশ্চাৎ তৃতীয়াংশ হতে স্বাদ অনুভূতি, অঙ্কুশাকৃতি পিণ্ডকে (uncus) ব'য়ে নিয়ে যায়।

(১০) ভেগস স্নায়ু (vagus nerve)—নবম ও একাদশ স্নায়ুর সঙ্গে একই কেন্দ্র হতে উৎপন্ন হয়, কিন্তু সংবেদীয় তন্তুগুলি এর সংশ্লিষ্ট গ্রন্থিগুলিতেই থাকে। এই সকল পরাসমব্যথী তন্তু হৃৎস্পন্দন হ্রাস, পাচকাম্লরস ও অগ্ন্যাশয়রসের ক্ষরণ, পাকস্থলী ও অন্ত্রের সংকোচন প্রভৃতি ঘটায়, এবং সংবেদীয় তন্তুগুলি প্রধানত শ্বসনক্রিয়া সম্বন্ধীয় অনুভূতি শ্বাসকেন্দ্রে ব'য়ে নিয়ে যায়।

(১১) মেরুস্নায়ুর সহায়ক স্নায়ু (spinal accessory nerve)—আংশিকভাবে সুষুম্নাশীর্ষকে এবং আংশিকভাবে সুষুম্নাকাণ্ডে থাকে। এর দ্বারা স্টার্নোমেস্টয়েড ও ট্রাপিজিয়স নামক দুটি পেশীর ক্রিয়া নিয়ন্ত্রিত হয়।

(১২) রসনা-নিম্নবর্তী স্নায়ু (hypoglossal nerve)—সুষুম্না-শীর্ষকের মধ্যসীমারেখার নিকটবর্তী কেন্দ্রে উৎপন্ন হয়ে এই স্নায়ু জিভের পেশীগুলির ক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ ক'রে থাকে।

মেরু স্নায়ু (Spinal nerves) - গাছের কাণ্ড হতে যেমন ডালপালা গজায়, তেমনি সুষুম্নাকাণ্ডের উভয় দিক হতে ৩১ জোড়া স্নায়ু বের হয়ে হাতে, পায়ে, বুকে, পিঠে এবং পেটে সর্বত্র ছড়িয়ে পড়ে।

কার্যহিসাবে শাখা স্নায়ুগুলিকে দুই ভাগে ভাগ করা হয়, (১) সংবেদীয় স্নায়ু, ও (২) চেষ্টীয় স্নায়ু।

সংবেদীয় স্নায়ু (Sensory nerves)—এদের সাহায্যে নানারূপ অনুভূতি লাভ হয়। দেহের ত্বকে স্পর্শ, ব্যথা, উত্তাপ প্রভৃতিবোধক যে সকল সাধারণ ইন্দ্রিয়স্থান আছে, অথবা চোখ, কান, নাক, জিভ

প্রভৃতি যে চারপ্রকার বিশেষ ইন্দ্রিয় আছে, তা হতে বিভিন্ন প্রকারের অনুভূতি যখন স্নায়ুগুলি মস্তিষ্কের বিভিন্ন অনুভূতিকেন্দ্রে বয়ে নিয়ে যায়, তখনই আমরা ওই অনুভূতি সম্বন্ধে সচেতন হই। কোনও সংবেদীয় স্নায়ু নষ্ট হয়ে গেলে, তৎসংশ্লিষ্ট অনুভূতি আর থাকে না।

চেষ্টীয় স্নায়ু (Motor nerves)—মস্তিষ্কের আদেশক্রমে অর্থাৎ ইচ্ছাশক্তির প্রভাবে যে সকল বহির্মুখ স্নায়ু অঙ্গ, প্রত্যঙ্গ, পেশী অথবা গ্রন্থিকে স্ব-স্ব কার্যে উদ্বুদ্ধ করে, তাদেরই নাম চেষ্টীয় স্নায়ু।

প্রতিবর্তিত স্নায়বিক ক্রিয়া (Reflex action)

পেশী, গ্রন্থি প্রভৃতি কোনও বহিষ্কলা হতে উৎপন্ন অন্তর্মুখ উত্তেজনা-প্রবাহের বহির্মুখ স্নায়ুর সাহায্যে পুনরায় স্বস্থানে ফিরে এসে, যখন সম্পূর্ণ অনৈচ্ছিকভাবে এদের সংকোচন অথবা ক্ষরণ ঘটায়, তখন এরূপ ক্রিয়াকে প্রতিবর্তিত স্নায়বিক ক্রিয়া বলে। এর জন্য সাধারণত (১) একটি গ্রাহক ইন্দ্রিয়, (২) তৎসংশ্লিষ্ট একটি অন্তর্মুখ স্নায়ু, (৩) কেন্দ্র-সংলগ্ন একটি বহির্মুখ স্নায়ু, এবং (৪) প্রতিক্রিয় বহিস্থ দেহাংশ, যথা—পেশী, গাঁট, কণ্ডরা গ্রন্থি প্রভৃতি আবশ্যক। তীব্র আলোকপাতে চক্ষুতারকার সংকোচন খাদ্যগ্রহণে মুখে লালার এবং পাকস্থলীতে পাচকাম্লরসের ক্ষরণ, মূত্রাশয়ে অনেকক্ষণ মূত্র জমা হতে থাকলে, মূত্রত্যাগের জন্য এর পেশীর সংকোচন এবং তৎসঙ্গে এর মুখের বিকোচন প্রভৃতি দেহের অসংখ্য ক্রিয়া এরূপ প্রতিবর্তিত স্নায়বিক ক্রিয়া ব্যতীত আর কিছুই নয়।

৯

স্বতন্ত্র স্নায়ুতন্ত্র

(Autonomic nervous system)

মস্তিষ্ক ও সুষুম্নাকাণ্ডের প্রভাবের বাইরে স্নায়ুতন্ত্রের একটা পৃথক বিশিষ্ট অংশ আছে, তাকেই স্বতন্ত্র স্নায়ুতন্ত্র বলে। গঠন, প্রকৃতি এবং নানা ঔষধের সুস্পষ্ট ক্রিয়া অনুসারে ইহারও দুটি শ্রেণী আছে, যথা— (১) পরাসমব্যথী অথবা মধ্যমস্তিষ্ক, সুষুম্নাশীর্ষক এবং সুষুম্নাকাণ্ডের ত্রৈকাস্থিক অংশ, এবং (২) সমব্যথী অথবা বক্ষ ও কটি দেশীয় অংশ। এদের প্রত্যেক শ্রেণীর মধ্যে কতকগুলি স্নায়ুগ্রন্থি অথবা গ্যাংগ্লিয়ন, এবং বহির্মুখ ও অন্তর্মুখ স্নায়ু আছে। চক্ষু, হৃৎপিণ্ড, ফুসফুস, অন্ত্র, যকৃত, প্লীহা, বৃক্ক, মূত্রাশয় প্রভৃতি দেহযন্ত্রগুলি স্বতন্ত্র স্নায়ুতন্ত্রের দুই প্রকার স্নায়ুরই প্রভাবে সর্বদা কার্য করে। কোনওপ্রকার আকস্মিক উত্তেজনার কারণ ঘটলে তৎক্ষণাৎ তার প্রতিবিধান করাই এই স্নায়ুতন্ত্রের প্রধান উদ্দেশ্য। সমব্যথী স্নায়ু সর্বদাই অপরকে আক্রমণ ক'রে শক্তির অপব্যয়ে দেহরক্ষার চেষ্টা করে, কিন্তু পরাসমব্যথী অংশ বিপরীত ভাবে অযথা শক্তির অপচয় বন্ধ ক'রে অথবা দেহক্ষয়ের পরিপূরণের দ্বারা দেহকে অপরের আক্রমণ হতে বাঁচাতে চায়। তা ছাড়া স্বতন্ত্র স্নায়ুতন্ত্রের সাহায্যে দেহের বিভিন্ন অংশের জলীয় ভাগের সাম্য রক্ষিত হয়, এবং ত্রৈকাস্থিক পরাসমব্যথী তন্তুগুলি মল ও মূত্র ত্যাগ এবং সন্তানপ্রসবক্রিয়ারও সাহায্য ক'রে থাকে। পরাসমব্যথী তন্তুর উত্তেজনাকালে ওই সকল স্নায়ুপ্রান্তে এসেটিল কোলিন নামে এবং সমব্যথী তন্তুর প্রান্তে উত্তেজনার ফলে সিম্পেথিন নামক অ্যাড্রিনেলিনের

ন্যায় ক্রিয়াবিশিষ্ট যে উপাদান উৎপন্ন হয়, তাই রক্তের সঙ্গে দেহের বিভিন্ন অংশে বের হয়ে একসঙ্গে দেহের অনেকগুলি যন্ত্রকে সক্রিয় ক'রে থাকে।

সাধারণত এই স্নায়ুতন্ত্রের ক্রিয়ার উপর কেন্দ্রীয় স্নায়ুতন্ত্রের কোনও প্রভাব না দেখা গেলেও, অধুনা স্থির হয়েছে যে হৃৎস্পন্দন, ধমনীর সংকোচন, গলাধঃকরণ, বমন, অ্যাড্রিনেলিন অথবা ইনসুলিনের অন্তঃক্ষরণ প্রভৃতি যে সকল বিশিষ্ট ক্রিয়ার নিজস্ব স্বতন্ত্র নিয়ন্ত্রণকেন্দ্র মস্তিষ্কের কোন না কোন অংশে আছে, অধস্থ্যালামসের উপর উত্তেজনা প্রয়োগে ওই সকল ক্রিয়ার কতকটা পরিবর্তন ঘটে; সুতরাং মনে হয় যে, মস্তিষ্কের এই অংশের স্বতন্ত্র স্নায়ুতন্ত্রের ক্রিয়ার উপর বিশিষ্ট প্রভাব বিদ্যমান। গুরুমস্তিষ্কের বিভিন্ন কেন্দ্রগুলিও কতকটা অধস্থ্যালামসের সাহায্যে এবং কতকটা অতিরিক্ত পিরামিড গুচ্ছের সাহায্যে স্বতন্ত্র স্নায়ুতন্ত্রের উপর নিজ প্রভাব আরোপ ক'রে থাকে।

১০

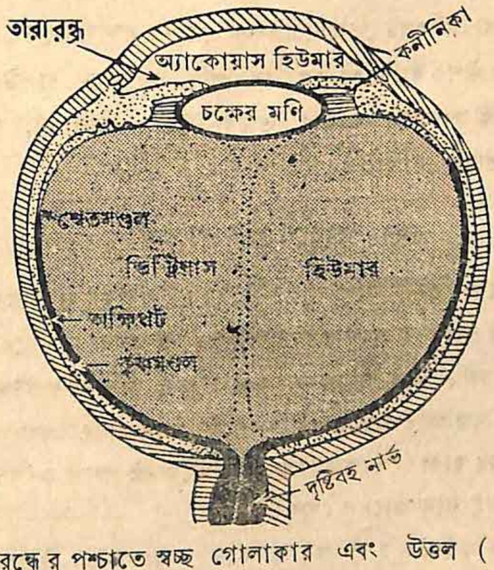
ইন্দ্রিয়স্থানসমূহ

দেহের ত্বক, আমাদের সাধারণ ইন্দ্রিয়স্থান। এতে যে সকল স্পর্শ, উত্তাপ ও ব্যথার স্বতন্ত্র ইন্দ্রিয়কণাগুলি আছে, সে কথা পূর্বেই বলা হয়েছে। তা ছাড়া চারটি বিশেষ ইন্দ্রিয়ের দ্বারা আমরা দর্শন, শ্রবণ, ঘ্রাণ ও আস্বাদন—এই চারপ্রকার জ্ঞান লাভ করি।

(১) দর্শনেন্দ্রিয় বা চক্ষু

নাকের উপরের অংশের দুই দিকে, দুটি গহ্বরের মধ্যে চারধারে অনেকগুলি পেশীসমন্বিত দুটি নেত্র-গোলক অবস্থিত। নেত্র-গোলকের

সম্মুখভাগ যে সূক্ষ্ম ঝিল্লীর দ্বারা আবৃত, ঠিক তারই পশ্চাতে যে পাতলা পর্দা থাকে, তার নাম শ্বেতমণ্ডল (sclera) ; তার স্বচ্ছ কেন্দ্রীয় অংশকে অচ্ছোদপটল (cornea) বলে। এর মধ্য দিয়ে কালো রঙের ছিদ্রযুক্ত পেশীময় যে গোল পর্দা দেখা যায় তার নাম কনীনিকা (iris) এবং কেন্দ্রস্থ ছিদ্রটিই চোখের তারারন্ধ্র (pupil)। কনীনিকার চক্রাকার পেশীর সংকোচনে, অথবা ব্যাসাকার পেশীর বিকোচনে তারারন্ধ্র যেমন ছোট হয়, আবার তেমনি প্রথমটির বিকোচনে এবং দ্বিতীয় পেশীটির সংকোচনে বড় হয়ে থাকে। এইভাবে প্রয়োজনানুসারে চোখের মধ্যে অল্প বা অধিক অলোক প্রবেশ করে।



তারারন্ধ্রের পশ্চাতে স্বচ্ছ গোলাকার এবং উত্তল (convex) চোখের মণি (lens) অবস্থিত। মণির সম্মুখের আধারে একপ্রকার জলের মত তরল পদার্থ (aqueous humour) এবং মণির পশ্চাতে

অপর একটি বড় আধারে ডিমের শ্বেতাংশের ন্যায় গাঢ় আর একপ্রকার তরল উপাদান (vitreous humour) থাকে। সর্বপশ্চাতে অক্ষিপট (retina) নামক কালো রঙের যে পর্দাটি আছে, তাই দৃষ্টির ইন্দ্রিয়স্থান। প্রত্যেক অক্ষিপট হতে অসংখ্য সূক্ষ্ম তন্তুগঠিত যে স্নায়ুটি অক্ষিগোলকের পশ্চাৎভাগ হতে বের হয়ে মস্তিষ্কের পশ্চাৎপিণ্ডে দৃষ্টিকেন্দ্রে গিয়ে শেষ হয়, তারই নাম দৃষ্টিবহ স্নায়ু।

আমাদের চোখের গঠন ঠিক একটি ক্যামেরাযন্ত্রের মত। চোখের কৃষ্ণমণ্ডল ক্যামেরার কালো বাক্সের, কনীনিকা ক্যামেরার মধ্যচ্ছদার, তারারন্ধ্র ক্যামেরার আলোকপ্রবেশের ছিদ্রের, চোখের মণি ক্যামেরার লেন্সের এবং অক্ষিপট ফোটোগ্রাফের প্লেটের সম্পূর্ণ অনুরূপ। এইজন্য অক্ষিপটের উপর বাহিরের বস্তুর যে প্রতিবিম্ব পড়ে তা উল্‌টাভাবেই পড়ে; কিন্তু তা ব'লে আমরা তাকে উল্‌টা দেখি না, দৃষ্টিকেন্দ্রের সাহায্যে তাকে সোজাই দেখতে পাই।

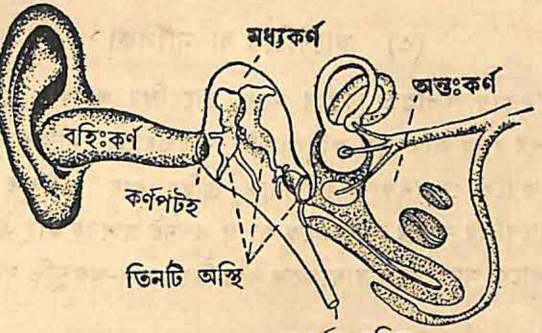
(২) শ্রবণেন্দ্রিয় বা কর্ণ

এর মধ্যে তিনটি অংশ আছে—বহিঃকর্ণ, মধ্যকর্ণ ও অন্তঃকর্ণ।

কানের বাইরের অংশ এবং ছিদ্রমুখ হতে গহ্বরের মধ্যে কর্ণপটহ পর্যন্ত বহিঃকর্ণ; এই অংশে কতকগুলি ক্ষুদ্র গ্রন্থি হতে চটচটে লালচে একপ্রকার বস্তু ক্ষরিত হয়ে এই অংশকে মসৃণ রাখে এবং একপ্রকার তিক্ত বিষের দ্বারা পোকামাকড় প্রভৃতিকে নষ্ট করে কর্ণপটহকে রক্ষা করে; তারই নাম কানের খৈল।

মধ্যকর্ণ কর্ণপটহ হতে আরম্ভ হয়ে অন্তঃকর্ণের সীমারেখায় শেষ হয়েছে। এর মধ্যে পরস্পরের সঙ্গে সংলগ্ন তিনটি ছোট অস্থি আছে। বায়ুতে যে সকল শব্দতরঙ্গ ওঠে তাতে কর্ণপটহের (tympanic

membrane) যে কম্পন দেখা যায়, তাই এইগুলির দ্বারা অন্তঃকর্ণে বাহিত হয়। ইউস্টেকিয়ান নালী (Eustachian tube) নামক একটি



সরু নলের দ্বারা মধ্যকর্ণের সঙ্গে গলবিলের সংযোগ আছে, এজন্য সর্দি কাশি হলে অনেক সময় কানে কম শুনতে পাওয়া যায়।

অন্তঃকর্ণের মধ্যে ককলিয়া (cochlea) নামক শ্রবণেন্দ্রিয়, অর্ধচন্দ্রাকারে তিনটি প্রণালী (semicircular canals) ও ভেস্টিবিউল (vestibule) নামক একটি থলের মতন প্রকোষ্ঠ আছে। শ্রবণেন্দ্রিয়টির প্রধান অংশ শামুকের খোলার মত পাকানো একটি জটিল যন্ত্র ; অসংখ্য শ্রুতিবহ স্নায়ুতন্তু এখান থেকে মস্তিষ্কের শ্রুতিকেন্দ্র (রগস্থানীয় পিণ্ড) পর্যন্ত গিয়ে শেষ হয়েছে। শব্দতরঙ্গে কর্ণপটহের কম্পন, মধ্যকর্ণের অস্থিগুলির সাহায্যে শ্রবণেন্দ্রিয়ের মধ্যস্থ তরল পদার্থে পৌঁছলে, শ্রুতিবহ স্নায়ুগুলি উত্তেজিত হয় ও আমাদের শ্রুতি-বোধ ঘটে। অর্ধচন্দ্রাকারে অস্থিময় প্রণালী ও ভেস্টিবিউলের অভ্যন্তরে, অন্তরস ও বহিঃরস (endo and perilymph) নামক দুই প্রকার তরল পদার্থ থাকে। অন্তঃকর্ণের এই সকল যন্ত্র গতিশীল অথবা স্থিতিশীল অবস্থায় যথোচিত

ভারসাম্য রক্ষা ও অঙ্গ-বিন্যাসের (posture and equilibrium) জন্য অত্যাবশ্যক।

(৩) ঘ্রাণেন্দ্রিয় বা নাসিকা

নাসিকার অভ্যন্তরে ঝিল্লীর মধ্যে ঘ্রাণেন্দ্রিয় থাকে। যে কোন গন্ধবিশিষ্ট বস্তুর অতি সূক্ষ্ম কণিকাগুলি বায়ুপ্রবাহে নাসিকার মধ্যে প্রবেশ করলে, সেখানকার ঝিল্লীমধ্যস্থ গ্রন্থির রসে দ্রবীভূত অবস্থায় যখন ঘ্রাণেন্দ্রিয় সংশ্লিষ্ট স্নায়ু প্রান্তে লাগে তখনই ঘ্রাণবহ স্নায়ু ঐ বিশেষ উত্তেজনাকে অঙ্কুশপিণ্ডে ঘ্রাণকেন্দ্রে বয়ে নিয়ে ঘ্রাণ-অনুভূতি ঘটায়।

(৪) স্বাদেন্দ্রিয় অথবা জিহ্বা

জিহ্বা কতকগুলি পেশী, ও তদুপরি ঝিল্লীর আবরণে গঠিত। স্বাদেন্দ্রিয়গুলি জিহ্বার উপরিভাগে এই ঝিল্লীর মধ্যে অবস্থিত, এদের মধ্যে কতকগুলি ছোট ছোট স্বাদকোরকও (tastebuds) দেখা যায়। এই কোরক-সংশ্লিষ্ট স্নায়ুতন্তুগুলি কোন সুস্বাদু অথবা বিস্বাদু দ্রব্য লালায় দ্রবীভূত হ'লে, স্বাদ-অনুভূতিকে হিলোকাম্প্যাস পিণ্ডে স্বাদকেন্দ্রে বহন ক'রে স্বাদবোধ ঘটায়। জিভের বিভিন্ন অংশে পৃথক পৃথক স্বাদ অনুভূত হয়। দুই পাশের কোরকগুলি দ্বারা টক, পশ্চাতের কোরকের দ্বারা তিক্ত, কটু কষায় অগ্রভাগের দ্বারা মিষ্ট, এবং সমগ্র উপরিভাগে নোনতা আস্বাদ পাওয়া যায়।

মস্তিষ্কে ঘ্রাণকেন্দ্র ও আস্বাদকেন্দ্র একে অন্যের সঙ্গে ঘনিষ্ঠভাবে অতি নিকটে অবস্থানের জন্য, সর্দিকাশি প্রভৃতিতে যেমন কোন বস্তুর গন্ধ পাওয়া যায় না, তেমনি মুখেও তার ঠিক মত আস্বাদ পাওয়া সম্ভবপর নয়।

১১

কতকগুলি অত্যাবশ্যক গ্রন্থি ও তাদের ক্রিয়া

কি ভাবে লালাগ্রন্থি হতে লালারসের এবং অগ্ন্যাশয় গ্রন্থি হতে এর রসের ক্ষরণ হয়ে খাদ্যের উপযুক্ত পরিপাকের জন্য, ঐ গ্রন্থিগুলির নিজ নিজ প্রণালীর দ্বারা মুখের মধ্যে ও অন্ত্রে প্রবেশ করে, সে কথা পূর্বেই বলা হয়েছে। এইভাবে, যকৃত, স্তন, পিচুটিগ্রন্থি প্রভৃতি অন্যান্য প্রণালীযুক্ত গ্রন্থির রসও বাইরে বাহিত হয় ব'লে ঐ প্রকার ক্ষরণকে বহিঃক্ষরণ বলে। আমাদের দেহে আর এক প্রকারের গ্রন্থি আছে, সাধারণত তাদের কোন ক্ষরণবাহী প্রণালী থাকে না, এবং তাদের ক্ষরিত রস সরাসরি রক্তের সঙ্গে মিশে, দেহের অন্যান্য অংশে গিয়ে সক্রিয়তা ঘটিয়ে থাকে। এইরূপ ক্ষরণকে অন্তঃক্ষরণ বলে। এই শেষোক্ত গ্রন্থিগুলির মধ্যে থাইরয়েড বা গলগ্রন্থি, প্যারাথাইরয়েড বা উপগলগ্রন্থি, পিটুইটারী বা অধোমস্তিষ্ক গ্রন্থি, অ্যাড্রিনেল বা কটিগ্রন্থি, অগ্ন্যাশয়ের দ্বৈপিক অংশ, এবং যৌনগ্রন্থিগুলিই প্রধান।

গলগ্রন্থি (Thyroid glands)—গ্রীবাদেশে শ্বাসপ্রণালীর সম্মুখ ভাগে, এর দুটি অংশ একটি সংকীর্ণ যোজকের দ্বারা যুক্ত। দেহের বৃদ্ধি ও বিপাক প্রক্রিয়ার উপর এর অপরিসীম প্রভাব; কারণ হাপর যেমন আগুনকে উসকে দেয়, এই গ্রন্থিটিও তেমনি বিপাক-প্রক্রিয়াকে বর্ধিত করে। এর অন্তঃক্ষরণের আয়োডিন-ঘটিত থাইরোক্সিন (Thyroxin) নামক বিশেষ উপাদানই এর জন্য দায়ী। শিশুকালে এই গ্রন্থির ক্ষরণ কম হলে ক্রেটিনিজ্‌ম (cretinism) নামক যে বিশিষ্ট বামনত্ব দেখা যায়, তাতে শরীরের চামড়া পুরু হয়, জিভ বেশ বড় হয়ে সর্বদাই

বেড়িয়ে থাকে, আঙুলগুলি বেঁটে ও মোটা এবং বিরলকেশ হয়। মুখে হাবার ভাব ফুটে ওঠে, যেখানে সেখানে শরীরে চর্বি জমা হয় এবং বুদ্ধি-বিকাশ কিংবা বয়সের সঙ্গে যৌবনের কোন লক্ষণ প্রকাশ পায় না। পরিণত বয়সে এরূপ কম ক্ষরণ হতে থাকলে 'মিক্সিডিমা' (myxœdema) নামক শোথরোগ দেখা যায়, তাতে চামড়ার নীচে একপ্রকার স্নেহ জাতীয় বস্তু সঞ্চিত হয়, চোখ-মুখ ফুলে উঠে চুল প'ড়ে যায়, শরীর ঠাণ্ডা হয়ে যায়, ঘুমে ঢুলুঢুলু চোখ, বুদ্ধিমত্তার অভাব, এবং সর্বদেহে আলস্যের লক্ষণসমূহ ফুটে ওঠে।

আবার এই গ্রন্থির অধিক ক্ষরণ হতে থাকলে ছানাবড়া চোখ ও গলগণ্ড (exophthalmic goitre) একসঙ্গে দেখা যায়। এর সঙ্গে হৃৎপিণ্ডের স্পন্দনসংখ্যা বৃদ্ধি ও হাত পায়ের সূক্ষ্ম কম্পন, রুগ্নদেহে তাপ-বৃদ্ধি এবং বহুমূত্র প্রভৃতিও ঘটে।

উপগলগ্রন্থি (parathyroid glands)—এরূপ সংখ্যায় চারটি গ্রন্থি প্রায়শ গলগ্রন্থির উপাদানের মধ্যে প্রোথিত থাকে। এদের অন্তঃক্ষরণের প্রভাবে রক্তে ক্যালসিয়মের স্বাভাবিক পরিমাণ ঠিক থাকে; কেননা, কোন কারণে এর অল্পতা ঘটলে, হাত হতে ক্যালসিয়ম ও ফসফরস প্রয়োজনমত বেরিয়ে এসে রক্তের অভাব পূরণ করে। আবার ভাইটামিন 'ডি' অথবা সূর্যালোকের সহযোগে এই অন্তঃক্ষরণ বর্ধনশীল অস্থিতে প্রয়োজনানুরূপ ক্যালসিয়মের বিনিয়োগের ব্যবস্থা করে থাকে।

কোনও কারণে এই অন্তঃক্ষরণের পরিমাণ ক'মে গেলে টিটানি (tetany) নামক এক প্রকার রোগ জন্মে। এতে রক্তে স্নায়ুর স্নিগ্ধকর উপযুক্ত পরিমাণে ক্যালসিয়মের অভাবে বহিঃস্নায়ুগুলি অতিশয় উত্তেজনাপ্রবণ হয়, পেশীগুলিতে প্রথমে সূক্ষ্ম ও পরে স্থূল অনিয়মিত সংকোচনের ফলে হাত পায়ের অস্বাভাবিক কাঠিন্য দেখা যায়, এবং

খাদ্যনালীর ও পাকস্থলীর সংযোগস্থলে অনবরত সংকোচন হতে থাকে।

অধোমস্তিষ্কগ্রন্থি (Pituitary gland)—মস্তিষ্কের নীচে একটি অতি সুরক্ষিত অস্থির প্রকোষ্ঠে এই গ্রন্থটি অবস্থিত। এই প্রকার যতগুলি গ্রন্থি আছে তার মধ্যে এটিই সর্বপ্রধান। দেহবৃদ্ধি, দুগ্ধক্ষরণ, স্নেহসংক্রান্ত বিপাক ক্রিয়া এবং স্বাভাবিকভাবে গলগ্রন্থি, কটিগ্রন্থি, উপগলগ্রন্থি, অগ্ন্যাশয়গ্রন্থি ও যৌনগ্রন্থিগুলির অন্তঃক্ষরণের নিয়ন্ত্রণ প্রভৃতি এই গ্রন্থির সাহায্যে হয়ে থাকে।

এই গ্রন্থির তিনটি বিশিষ্ট অংশের মধ্যে সম্মুখ ভাগের অন্তঃক্ষরণ শিশুকালে বেশি হ'লে অতিকায়ত্ব, (gigantism) এবং পরিণত বয়সে বেশি হ'লে গরিলার মত মুখ, চিবুক, হাত পা (acromegaly) প্রভৃতি হয়; আবার তেমনি এ কম হ'লে শিশুকালে বামনত্ব (dwarfism) এবং অধিক বয়সে সায়মণ্ড রোগ (simond disease) নামক অতি-শীর্ণকায়ত্ব ঘটে।

পশ্চাৎ অংশের অক্ষমতার জন্য তরল মূত্রাধিক্য বা ডায়াবিটিস ইনসিপিডস (diabetes insipidus) নামক রোগ জন্মে, তাতে মূত্রে গ্লুকোজ থাকে না, এবং ক্লোরাইডের পরিমাণও খুব কম থাকে। এই অংশের অন্তঃক্ষরণের পিটুইট্রিন (pituitrin) নামক যে উপাদান থাকে তাতে দেহের সর্বত্র ধমনী-সংকোচন এবং সন্তানপ্রসবকালে জরায়ুর সংকোচনও হয়।

একই সঙ্গে পুরোভাগের এবং পশ্চাৎভাগের অক্ষমতার জন্য অল্প বয়সে যে ফ্রলিক্'স্ রোগ (Forlick's syndrome) জন্মে, তাতে দেহের সম্যক্ বৃদ্ধি হয় না, নানা অংশে ঠিক মেয়েদের শরীরের মত চর্বি জমা হতে থাকে, যৌবনোচিত শারীরিক লক্ষণগুলি দেরিতে দেখা দেয়,

মুখের ভাব অভিব্যক্তিহীন ও অনেকটা হাবার মত হয়, এবং মুখে সর্বদাই নিদ্রালস ভাব দেখা যায়।

কটিগ্রন্থি (Suprarenal or adrenal glands)—দুটি বৃক্কের উপরকার চর্বির উপর অবস্থানের জন্য এদের অধিবৃক্ক অথবা কটিগ্রন্থি বলা হয়। উৎপত্তি ও ক্রিয়া উভয়রূপেই গ্রন্থির সম্পূর্ণ পৃথক দুটি অংশ বহিরংশ ও কেন্দ্রাংশে বিভক্ত। বহিরংশের অন্তঃক্ষরণের দ্বারা একদিকে পেশীর স্বাভাবিক কুঞ্চন ও শক্তি যেমন রক্ষিত হয়, আবার তেমনি দেহের জলীয় অংশ ও ধাতব উপাদানগুলির পরিমাণও নিয়ন্ত্রিত হয়, এবং এর অভাবে অন্ত্র হতে স্নেহের পরিশোষণ কম হয় ব'লে রক্তে এর এবং কলেস্টরোলের পরিমাণও ক'মে যায়। গ্রন্থির এই অংশের অক্ষমতার জন্য মর্ফিন, হিস্টামাইন, ডিপথিরিয়া প্রভৃতি বিষের ক্রিয়া অতি সহজে হয় এবং পরিপাকশক্তির হ্রাস হয়। আবার শিশুকালে এর ক্রিয়া অধিক হতে থাকলে, পুং-শিশুর অতিকায়ত্ব এবং স্ত্রী-শিশুর দেহে পূর্ণ নারীত্বের কতকগুলি লক্ষণ দেখা যায় এবং সময় সময় প্রাপ্ত-বয়স্কা রমণী দৈহিক পুরুষোচিত লক্ষণ (যেমন গোঁপ-দাড়ি প্রভৃতি)যুক্ত পুরুষালি মেয়েতে রূপান্তরিত হয়ে থাকে।

কেন্দ্রাংশের বিশিষ্ট অন্তঃক্ষরণের 'যুদ্ধ, ত্রাস ও পলায়ন' সম্বন্ধীয় অন্তঃক্ষরণ বলা হয়। দেহের সর্বত্র সমব্যথী স্নায়ুতন্ত্রকে উত্তেজিত করে ব'লে এর দ্বারা হৃৎপেশীর অতিরিক্ত স্পন্দন, চক্ষুতারকার বিস্ফারণ, ধমনীর সংকোচন, রক্তের চাপ বৃদ্ধি, ক্লোমশাখার শৈথিল্য প্রভৃতি ঘটে এবং যৎকৃতে গ্লাইকোজেন হতে অধিক পরিমাণে গ্লুকোজের উৎপত্তি হয়।

উভয় অংশের অক্ষমতার ফলে অ্যাডিসন'স রোগ (Addison's disease) জন্মে। এতে দেহের সর্বত্র এক প্রকার কালচে দাগ পড়ে,

রক্তের চাপ অতীব হ্রাস হয়, দেহের কর্মশক্তি ক'মে যায় ও পেশীগুলি অত্যন্ত শিথিল হয়ে পড়ে।

অগ্ন্যাশয়ের দ্বৈপিক অংশ (Cell-islets of pancreas)—সাধারণত প্রণালীহীন গ্রন্থিগুলিতেই অন্তঃক্ষরণ দেখা গেলেও অগ্ন্যাশয়কে এর ব্যতিক্রম বলা চলে, কারণ এর দ্বৈপিক অংশে ইনসুলিন নামক যে উপাদানটি ক্ষরিত হয়, দেহের স্বাভাবিক শর্করা-বিপাকপ্রক্রিয়ার জন্য তা অত্যাবশ্যক। এই উপাদানের দ্বারা যকৃত ও পেশীতে স্বাভাবিকভাবে গ্লাইকোজেনের সঞ্চয় এবং কর্মশক্তির জন্য যথোপযুক্ত গ্লুকোজের দহন হয় এবং ফলে চর্বিরও উপযুক্ত দহন হয় ব'লে রক্তাম্লতা ঘটতে পারে না। শর্করা ব্যতীত প্রোটিন প্রভৃতি অন্য উপাদান হতে গ্লুকোজের উৎপত্তিও এর দ্বারা বন্ধ হয়। সুতরাং দেহে এর ক্ষরণ কম হ'লে রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ বৃদ্ধি, মূত্রের সঙ্গে গ্লুকোজের বহিষ্কার, অতিতৃষ্ণা, অতিক্ষুধা, বমনেচ্ছা, পেশীদৌর্বল্য প্রভৃতি লক্ষণযুক্ত বহুমূত্র অথবা মধুমেহ রোগ জন্মে।

স্ত্রী ও পুং-গ্রন্থি (Gonads)—এই গ্রন্থির প্রজনন সম্বন্ধীয় ক্রিয়া ব্যতীত নিজ নিজ অন্তঃক্ষরণের জন্যও স্বতন্ত্র ক্রিয়া লক্ষিত হয়। শৈশবে পুং-গ্রন্থির অন্তঃক্ষরণের অক্ষমতার জন্য খর্বাকৃতি ও মেয়েদের মত মেদবহুল হয়, যৌবনলক্ষণগুলি স্বাভাবিকভাবে বিকশিত হয় না, দেহ বিরল-কেশ এবং গলার স্বর মেয়েদের মত মিহি হয়ে থাকে। পরিণত বয়সে এরূপ অক্ষমতার জন্য কামেচ্ছা ও প্রজননশক্তি হ্রাস হয় এবং দৈহিক ও মানসিক দৌর্বল্যও দেখা যায়।

স্ত্রী-গ্রন্থির অন্তঃক্ষরণজনিত ক্রিয়াগুলি নিম্নে উল্লেখ করা গেল :—(১) প্রতিমাসে গর্ভাধারণক্ষম কালে, এর সাহায্যে এক বা ততোধিক স্ত্রীবীজ নিষ্কাশিত হয় ; গর্ভসঞ্চারে ঋতু বন্ধ হয়ে যায় এবং ভ্রূণ জরায়ুর

মধ্যে নিজস্থান গ্রহণ ক'রে গর্ভফুলের দ্বারা নিজ পরিপুষ্টি লাভ করতে থাকে ও স্তনের আনুষঙ্গিক পরিবর্তনগুলিও ঘ'টে থাকে। যৌবনোদ্গম-কালে এর প্রভাবে যোনি ও জরায়ুর স্বাভাবিক বৃদ্ধি হয় ও রজোদর্শন ঘটে এবং বিকশিত নারীদেহের অন্যান্য লক্ষণগুলিও প্রকাশ পায়। এইভাবে স্ত্রী-গ্রন্থির অন্তঃক্ষরণের প্রভাবে যোনি ও তৎসহযোগী অঙ্গগুলির স্বাভাবিক পরিপুষ্টি ও ক্রিয়া নিয়ন্ত্রিত হয়ে থাকে। এর প্রতিক্রিয়ার ফলে শৈশবে অতি শীঘ্র দাঁত ওঠে, এবং অতি অল্প বয়সে নারীত্বের বিকাশ ও কামভাবের উদ্রেক হয়, এবং যৌবনপ্রাপ্তির পর এই কারণে অতিরিক্ত কামেচ্ছা, সাধারণ দৌর্বল্য ও বন্ধ্যাত্ব জন্মে। আবার এর অন্তঃক্ষরণের অক্ষমতায় দেহ শৈশবেই দীর্ঘ ও মেদবহুল হয়, দেহের পূর্ণতা ঘটে না, প্রকাশ্য এবং অপ্রকাশ্য নারীত্বের লক্ষণগুলি দেরিতে দেখা দেয়, এবং পরিণত বয়সে, অনিয়মিত অথবা স্বল্প ঋতুস্রাব হয় ও বন্ধ্যাত্বও দেখা যায়।

১২
গর্ভসঞ্চার ও স্তনদুগ্ধ

দেহরক্ষা এবং বংশবৃদ্ধির প্রয়াস অভিব্যক্তির সকলের নিম্নস্তর হতে সর্বোচ্চ স্তর মানুষ পর্যন্ত সকল প্রাণীতেই দেখা যায়। সুতরাং জীবন ধারণের জন্য অত্যাবশ্যক না হ'লেও সন্তানসন্ততির মাঝে নিজেকে বাঁচিয়ে রাখবার জন্য প্রজনন তন্ত্রও শরীরবিজ্ঞানের একটি বিশিষ্ট অধ্যায়।

পূর্বেই বলা হয়েছে যে স্ত্রীগ্রন্থির অন্তঃক্ষরণের প্রভাবে যৌবনাবস্থা-প্রাপ্তির সঙ্গে সঙ্গে মেয়েদের যতদিন পর্যন্ত সন্তানসম্ভাবনা থাকে,

সাধারণত প্রতি মাসে নিয়মিতভাবে ঋতুস্রাব হতে থাকে। গর্ভাবস্থায়, স্তনদানকালে এবং কখনো বা সাময়িক অসুস্থতাবশতও ঋতু বন্ধ থাকতে পারে। প্রতি ঋতুকালে তিন হতে পাঁচ দিনে চার হতে সাত আউন্স পর্যন্ত রক্তস্রাব হয়, এবং ঋতুচক্রের সাধারণত তেরো হতে উনিশ দিনের মধ্যে স্ত্রী-গ্রন্থি হতে বীজ বের হয়ে আসে এবং জরায়ু সংলগ্ন বীজবাহী নলের দ্বারা জরায়ুর দিকে আসতে থাকে। ঐ কালে যদি জরায়ুমুখে শুক্রকীট প্রবেশ করে, তবে অসংখ্য কীটের একটি জরায়ু পার হয়ে বীজবাহী নলের মধ্যস্থ স্ত্রীবীজের মধ্যে প্রবিষ্ট হয় ও গর্ভসঞ্চার হয়ে থাকে। অতঃপর নিষিক্ত বীজটি জরায়ুর মধ্যে চলে আসে এবং নিজের স্থানে প্রতিষ্ঠিত হয়, এবং ঐ স্থানে ক্রমবর্ধিত গর্ভফুলের দ্বারা ভ্রূণস্থ মাতৃদেহ হতে রক্তস্রোতে পরিপুষ্টি লাভ ক'রে ক্রমশ বেড়ে উঠতে থাকে। ভ্রূণের শ্বাসপ্রশ্বাসক্রিয়া এবং রেচনক্রিয়া মাতৃদেহের সাহায্যে হ'লেও এর হৃৎপিণ্ড, যকৃৎ, অগ্ন্যাশয়, বৃক্ক প্রভৃতি প্রধান দেহযন্ত্রগুলির ক্রিয়া ভ্রূণাবস্থায় ক্রমশ স্বাতন্ত্র্য লাভ করতে থাকে।

গর্ভসঞ্চারের পর প্রায় ২৮০ দিবসে অধোমস্তিষ্কগ্রন্থির পশ্চাৎ অংশের পিটোসিন নামক উপাদানের প্রভাবে প্রসববেদনা আরম্ভ হয়; তারপর গর্ভফুলের পরিণতাবস্থায় ঈস্ট্রোজেন (oestrogen) নামক উত্তেজক উপাদানের স্ত্রী-গ্রন্থির বর্ণোপাদনের (corpus luteum) ক্ষয়বিকৃতি ও আনুষঙ্গিক জরায়ুর পেশীর সংকোচন ও তার মুখের বিকোচন হেতু সন্তান প্রসূত হয়, এবং তৎপরে গর্ভফুলেরও বহিষ্কার ঘটে। জন্মের সঙ্গে সঙ্গে শিশু যখন ফুসফুসের দ্বারা প্রথম প্রশ্বাস নেয়, তারই জন্য জন্মিবামাত্র তার কান্না শোনা যায়।

গর্ভসঞ্চারের সঙ্গে সঙ্গেই প্রকৃতি জননীর স্তনে দুগ্ধের সঞ্চার করে, শিশুর অতিপ্রয়োজনীয় খাদ্যের ব্যবস্থা ক'রে রাখে। তৎপূর্বে যৌবন

বিকাশের সঙ্গে সঙ্গে স্ত্রীগ্রন্থির উত্তেজক উপাদানের সাহায্যে তার বৃদ্ধি হয়, এবং গর্ভসঞ্চারের প্রথম অবস্থায় আকারে আরও একটু বড় হ'লেও দুধ আসে না, কিন্তু শেষ অবস্থায় যখন দুধের ক্ষরণ হতে থাকে, তখন স্তনগুলি আরও বড় হয় এবং বোঁটা দুটিও শক্ত ভাবে উঁচু হয়ে ওঠে। স্ত্রীগ্রন্থির এবং সম্ভবত গর্ভফুলের ঈস্ট্রোজেন এবং প্রজেস্টেরোন (progesterone) নামক উত্তেজক উপাদান দুটিই এরূপ স্তনের আকার বৃদ্ধির এবং পরিশেষে দুগ্ধ ক্ষরণের জন্য দায়ী। সন্তানপ্রসবের পর প্রথম তিন চার দিন স্তন হতে একপ্রকার ঘন চটচটে সাদা তরল পদার্থ ক্ষরিত হয়, তাকে কলোস্ট্রম (colostrum) বলে; শিশুর খাদ্য হিসাবে এ সম্পূর্ণ অযোগ্য ব'লে এ ক'টা দিন শিশুকে স্তনদুগ্ধ না দেওয়াই উচিত। অতঃপর যে সময় থেকে শিশু নিজে মাতৃস্তন হতে দুধ টেনে নিতে আরম্ভ করে, অধোমস্তিষ্ক গ্রন্থির দুধের ক্ষরণোত্তেজক উপাদানের (prolactin) সক্রিয়তা বৃদ্ধি হয় ব'লে স্তনেও অধিকতর দুধ প্রস্তুত হতে থাকে; এতে জননীরও উপকার হয়, কেননা, স্তনদানের জন্য গর্ভাশয়ের স্বভাবকুঞ্চন বৃদ্ধি পায় এবং ক্রমশ তা আকারে ছোট হয়ে নিজ স্বাভাবিক অবস্থায় ফিরে যায়। এইজন্য শিশুকে নিয়মিতভাবে স্তনদান প্রসূতি ও সন্তান উভয়ের পক্ষেই উপকারী।

মানবশিশুর পক্ষে মাতৃদুগ্ধই সর্বাপেক্ষা প্রশস্ত খাদ্য। কোনও কারণে এর অভাব হ'লে গরুর অথবা ছাগলের দুধ, মাতৃস্তনের অনুরূপ ক'রে দেওয়া চলে। সমপরিমাণে জলমিশ্রিত করলে এই সকল দুধের প্রোটিন ও লবণ জাতীয় উপাদান মার দুধের মত হয়, কিন্তু স্নেহপদার্থ কতকটা এবং শর্করা অনেকটা ক'মে যায় ব'লে তাতে অল্প ক্রীম এবং বেশ খানিকটা চিনি মিশিয়ে নিলে তবে মাতৃস্তনের অনুরূপ হয়

এবং তা হতে শিশু মার দুধের মতই পুষ্টি লাভ করতে পারে। খাদ্যরূপে দুধের উপাদানগুলির কথা পূর্বেই বলা হয়েছে।

১৩

দেহের ক্ষয় ও মৃত্যু

শিশুকাল হতে যৌবনাবস্থা পর্যন্ত দেহের প্রত্যহ যে ক্ষয় হয় তা কি ভাবে খাদ্যের দ্বারা ও অন্তর্নিস্রাবী গ্রন্থিসমূহের প্রভাবে পরিপূরণ হয়ে দেহ বৃদ্ধি হয়, তা পূর্বেই বলা হয়েছে। যৌবনকাল হতে প্রৌঢ়াবস্থা পর্যন্ত দেহের সংগঠন-বিগঠন-প্রক্রিয়া পরিমাণে প্রায় একই রূপ হয় ব'লে দেহের বৃদ্ধি আর হয় না এবং ক্ষয়ও কম হতে থাকে, কিন্তু পরবর্তী কালে বিগঠনক্রিয়া ক্রমশ প্রাধান্য লাভ করতে থাকে ব'লে দেহে জরার আবির্ভাব হয় এবং জীবনীশক্তি হ্রাসের ফলে অত্যাবশ্যক অংশগুলির সক্রিয়তাও কমতে থাকে। কারো কারো মতে অন্ত্রগুলিতে নানাবিধ জীবাণুর ক্রিয়াই এর জন্য দায়ী। এরূপ জরাজীর্ণ দেহ যখন ভারস্বরূপ মনে হতে থাকে,তখন পরিণত বয়সে জীবনের অতি স্বাভাবিক পরিণাম মৃত্যু এসে মহানিদ্রার কোলে চিরশান্তির ব্যবস্থা করে। কবি তাই যথার্থই বলেছেন—

"জন্মিলে মরিতে হবে, অমর কে কোথা কবে,
চিরস্থির কবে নীর, হায় রে, জীবন-নদে ?"

S.C.E.R.T., West Bengal
Library
Calcutta
25/3, B. C. Road

লোকশিক্ষা গ্রন্থমালা

বিশ্বভারতী কর্তৃক প্রকাশিত ও প্রকাশিতব্য লোকশিক্ষা গ্রন্থমালা বিশ্ববিদ্যাসংগ্রহের পরিপূরক বলিয়া বিবেচ্য। লোকশিক্ষা গ্রন্থমালায় প্রকাশিত পুস্তকে বিষয়বস্তুর আলোচনা বিশ্ববিদ্যাসংগ্রহ হইতে বিস্তৃততর হইবে।

"শিক্ষণীয় বিষয়মাত্রই বাংলাদেশের সর্বসাধারণের মধ্যে ব্যাপ্ত করে দেওয়া এই অধ্যবসায়ের উদ্দেশ্য। তদনুসারে ভাষা সরল এবং যথাসম্ভব পরিভাষাবর্জিত হবে, এর প্রতি লক্ষ্য করা হয়েছে; অথচ রচনার মধ্যে বিষয়বস্তুর দৈন্য থাকবে না, সেও আমাদের চিন্তার বিষয়। দুর্গম পথে দুরূহ পদ্ধতির অনুসরণ করে বহু ব্যয়সাধ্য ও সময়সাধ্য শিক্ষার সুযোগ অধিকাংশ লোকের ভাগ্যে ঘটে না, তাই বিদ্যার আলোক পড়ে দেশের অতি সংকীর্ণ অংশেই। এমন বিরাট মূঢ়তার ভার বহন করে দেশ কখনোই মুক্তির পথে অগ্রসর হতে পারে না।

"বুদ্ধিকে মোহমুক্ত ও সতর্ক করবার জন্য প্রধান প্রয়োজন বিজ্ঞানচর্চার। আমাদের গ্রন্থপ্রকাশকার্যে তার প্রতি বিশেষ দৃষ্টি রাখা হয়েছে।"

—লোকশিক্ষা গ্রন্থমালার ভূমিকা, রবীন্দ্রনাথ

১. বিশ্বপরিচয় : রবীন্দ্রনাথ ঠাকুর
২. প্রাচীন হিন্দুস্থান : শ্রীপ্রমথ চৌধুরী
৩. পৃথ্বীপরিচয় : শ্রীপ্রমথনাথ সেনগুপ্ত
৪. আহার ও আহার্য : শ্রীপশুপতি ভট্টাচার্য
৫. প্রাণতত্ত্ব : শ্রীরথীন্দ্রনাথ ঠাকুর
৬. বাংলাসাহিত্যের কথা : শ্রীনিত্যানন্দ গোস্বামী
৭. ভারতের ভাষা ও ভাষাসমস্যা :
শ্রীসুনীতিকুমার চট্টোপাধ্যায়

O বিন্দু দ্বারা সূচিত হইলে, B বিন্দুটি উৎক্রম তাপমাত্রা সূচিত করিবে। কিন্তু শীতল-সন্ধির তাপমাত্রা O′ হইলে, B′ বিন্দুটি উৎক্রম তাপমাত্রা সূচিত করিবে। সুতরাং, কোন তাপযুগ্মের উৎক্রম তাপমাত্রা উহার শীতল-সন্ধির তাপমাত্রার উপরও নির্ভরশীল। শীতল-সন্ধির তাপমাত্রা (t_1) নিরপেক্ষ তাপমাত্রা (t_n) অপেক্ষা যত কম হইবে, উৎক্রম তাপমাত্রা (t_2) নিরপেক্ষ তাপমাত্রা অপেক্ষা ততটা বেশী হইবে।

অর্থাৎ, $t_n - t_1 = t_2 - t_n$ বা, $t_n = (t_1 + t_3)/2$

কোন তাপযুগ্মের শীতল সন্ধিকে 0°C-এ রাখিয়া উষ্ণ সন্ধির বিভিন্ন তাপমাত্রায় তড়িচ্চালক বল নির্ণয় করিলে তাপমাত্রা তড়িচ্চালক বলের যে লেখ চিত্র পাওয়া যাইবে তাহা সাধারণত অধিবৃত্তের আকার ধারণ করিয়া থাকে। উষ্ণ সন্ধির তাপমাত্রা t°C, তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ e হইলে আমরা পাই, $e = at + bt^2$

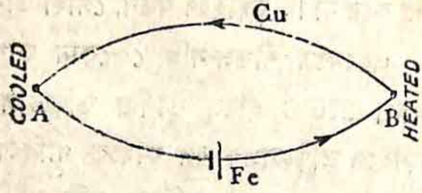
এখানে 'a' ও 'b' দুইটি ধ্রুবক যাহাদের মান তাপযুগ্মের ধাতু দুইটির উপর নির্ভরশীল। তাপযুগ্মের সাহায্যে কোন বস্তুর তাপমাত্রা নির্ভুলভাবে মাপা যায়। সেক্ষেত্রে শীতল সন্ধিকে 0°C তাপমাত্রায় রাখিয়া উষ্ণ সন্ধিটিকে যথাক্রমে দুইটি জানা তাপমাত্রায় (ধর t_1°C ও t_2°C) রাখিয়া এবং তারপরে বস্তুটির সংস্পর্শে রাখিয়া তাপীয় তড়িচ্চালক বল নির্ণয় করিতে হইবে। তাহাদের পরিমাণ যথাক্রমে e_1, e_2 ও e হইলে এবং বস্তুটির তাপমাত্রা t°C হইলে আমরা পাই,

$$e_1 = at_1 + bt_1^2 \; ; \; e_2 = at_2 + bt_2^2$$

এবং $e = at + bt^2$.

প্রথম দুইটি সমীকরণ হইতে a ও b-এর মান বাহির করিয়া তৃতীয় সমীকরণ হইতে t-এর মান সহজেই বাহির করা যাইবে।

4-9. পেল্‌টিয়ার ক্রিয়া (Peltier effect) : 1834 খ্রীষ্টাব্দে পেল্‌টিয়ার লক্ষ্য করেন যে, কোন ধাতুযুগ্মের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটাইলে উহার একটি সন্ধি গরম এবং অপরটি ঠাণ্ডা হইয়া যায়। এই ধরনের ঘটনাকে **পেল্‌টিয়ার ক্রিয়া** বলে। তাপযুগ্মের কোন্ সন্ধিটি গরম অথবা ঠাণ্ডা হইবে



চিত্র—4জ

তাহা তাপযুগ্মের ধাতু দুইটির উপর এবং তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখের উপর নির্ভরশীল। তা'ছাড়া সন্ধি দুইটি কতটা গরম বা কতটা ঠাণ্ডা হইবে তাহার পরিমাণ ধাতু দুইটির

উপর এবং তড়িৎপ্রবাহের মাত্রার উপর নির্ভর করিবে। লোহা এবং তামার ধাতুযুগের ভিতর দিয়া চিত্রে প্রদর্শিত অভিমুখে তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইলে A সন্ধিটি ঠাণ্ডা এবং B সন্ধিটি গরম হইয়া যাইবে (চিত্র 4জ)। তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ বিপরীতমুখী হইলে A সন্ধিটি গরম এবং B সন্ধিটি শীতল হইবে।

সীবেক ক্রিয়ার জন্য কোন ধাতুযুগ্মের সন্ধি যুগল বিভিন্ন তাপমাত্রায় থাকিলে উহার ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটিবে। কিন্তু পেল্‌টিয়ার ক্রিয়ায়, কোন তাপযুগ্মের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইলে উহার সন্ধি-যুগলের তাপমাত্রা বিভিন্ন হইয়া যাইবে। সুতরাং পেল্‌টিয়ার ক্রিয়াকে সীবেক ক্রিয়ার বিপরীত ঘটনা বলা হয়।

4-10. পেল্‌টিয়ার ক্রিয়া ও জুল-ক্রিয়ার পার্থক্য (Distinction between Peltier effect and Joule's effect):

(i) জুল ক্রিয়াতে উদ্ভূত তাপের পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহের বর্গের সহিত সমানুপাতিক; কিন্তু পেল্‌টিয়ার ক্রিয়াতে উদ্ভূত বা শোষিত তাপের পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহের সমানুপাতিক।

(ii) পেল্‌টিয়ার ক্রিয়াতে কোন্ সন্ধিটি শীতল বা উষ্ণ হইবে তাহা তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখের উপর নির্ভরশীল। কিন্তু জুল ক্রিয়াতে তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ বিপরীত করিলেও পরিবাহীটি শীতল হইবে না কিন্তু উত্তপ্তই থাকিবে।

(iii) পেল্‌টিয়ার ক্রিয়া প্রত্যাবর্তক (Reversible); কিন্তু জুল-ক্রিয়া প্রত্যাবর্তক নহে।

(iv) পেল্‌টিয়ার ক্রিয়া তাপযুগ্মের কেবলমাত্র সন্ধি স্থলেই সীমাবদ্ধ থাকে কিন্তু জুল-ক্রিয়া পরিবাহীর সর্বত্রই দেখা যায়।

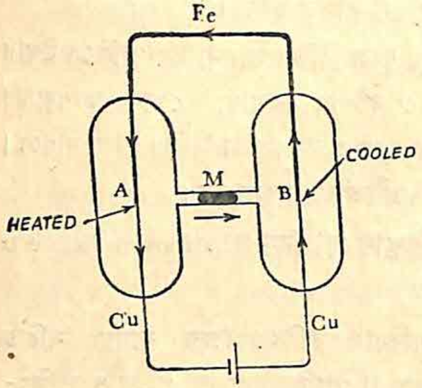
(v) জুল-ক্রিয়াতে কেবলমাত্র তাপের উদ্ভব হইয়া থাকে; কিন্তু পেল্‌টিয়ার ক্রিয়ায় একই সঙ্গে তাপের উদ্ভব ও শোষণ দেখা যায়।

(vi) জুল-ক্রিয়া পরিবাহীর রোধের উপর নির্ভরশীল; কিন্তু পেল্‌টিয়ার ক্রিয়া পরিবাহীর রোধের উপর নির্ভর করে না।

4-11. পেল্‌টিয়ার ক্রিয়ার পরীক্ষামূলক প্রদর্শন (Experimental demonstration of Peltier effect):

4ঝ নং চিত্রে পরীক্ষাটি দেখান হইয়াছে। লোহা এবং তামার তৈয়ারী তাপযুগ্মের সন্ধিযুগল A ও B-কে H আকৃতি-বিশিষ্ট বদ্ধ কাচের নলের ভিতর রাখা হইয়াছে। কাচপাত্রের সংযোগ নলে সামান্য পরিমাণ পারদ (M) রাখা হয় এবং ইহা সূচক

হিসাবে কাজ করে। ব্যাটারীর সাহায্যে তাপযুগ্মে তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইলে দেখা যাইবে যে পারদ সূচকটি ডানদিকে সরিয়া যাইতেছে। ইহার কারণ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, চিত্রানুযায়ী তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে A সন্ধিটির তাপমাত্রা বাড়িবে এবং B সন্ধিটির তাপমাত্রা কমিয়া যাইবে। ইহার ফলে কাচনলের বামদিকের অংশে অবস্থিত বায়ুর চাপ অপেক্ষাকৃত ভাবে বাড়িয়া যাইবে এবং পারদ সূচকটিকে ডানদিকে ঠেলিয়া দিবে। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, তাপযুগ্মের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে সন্ধিযুগলের মধ্যে তাপমাত্রার পার্থক্য দেখা দেয়। তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখ বিপরীত করিলে পারদ সূচকটিকে বাঁদিকে সরিয়া যাইতে দেখা যাইবে। ইহা প্রমাণ করে যে, এইক্ষেত্রে B সন্ধিটি উত্তপ্ত এবং A সন্ধিটি শীতল হইয়াছে। সুতরাং পেল্‌টিয়ার ক্রিয়া তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখের উপরেও নির্ভরশীল।



চিত্র—4ঝ

বিভিন্ন ধাতুযুগ্ম এবং বিভিন্ন প্রবাহমাত্রায় পরীক্ষাটি করিলে সূচকটির সরিয়া যাওয়ার পরিমাণ বিভিন্ন হইবে। সুতরাং উপরের পরীক্ষাগুলি প্রমাণ করে যে, (i) তাপযুগ্মের কোন্ সন্ধিটি গরম বা ঠাণ্ডা হইবে তাহা ধাতু দুইটির উপর এবং প্রবাহের অভিমুখের উপর নির্ভরশীল। (ii) পেল্‌টিয়ার ক্রিয়া বিভিন্ন তাপযুগ্মের জন্য বিভিন্ন। (iii) পেলটিয়ার ক্রিয়ার পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহের মাত্রার উপরেও নির্ভরশীল।

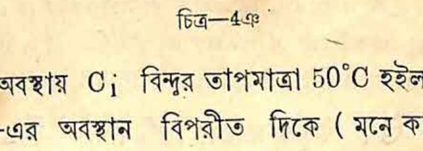
4·12. টমসন ক্রিয়া (Thomson effect) : 1856 খ্রীষ্টাব্দে টমসন বলেন যে, অসমভাবে উত্তপ্ত কোন সমসত্ত্ব পরিবাহীর ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইলে পরিবাহী বরাবর তাপ শোষিত বা নির্গত হইবে। তড়িৎপ্রবাহকে বিপরীতমুখী করিলে এই ফলও বিপরীত ধরনের হইবে। ইহাই **টমসন ক্রিয়া**। টমসন তত্ত্বগতভাবে (theoretically) উপরের সিদ্ধান্তে উপনীত হন। টমসন ক্রিয়া প্রত্যাবর্তক (Reversible)।

টমসন ক্রিয়া ব্যাখ্যা করিবার জন্য আমরা বলিতে পারি যে, কোন পরিবাহীর বিভিন্ন অংশ বিভিন্ন তাপমাত্রায় থাকিলে ঐ পরিবাহী বরাবর একটি তড়িচ্চালক বল কাজ করে। তড়িচ্চালক বলের অভিমুখ পরিবাহীর প্রকৃতির উপর এবং তড়িচ্চালক

বলের পরিমাণ পরিবাহীর প্রকৃতি ও তাপমাত্রার পার্থক্যের উপর নির্ভরশীল। যে সমস্ত ধাতুতে উল্লিখিত তড়িচ্চালক বল নিম্নতর তাপমাত্রা হইতে উচ্চতর তাপমাত্রা অভিমুখে কাজ করে সেই সমস্ত ধাতুর টমসন ক্রিয়া ধনাত্মক বলা হয়। ইহাদের উদাহরণ হিসাবে *Cu*, *Sb*, *Ag*, *Cd*, *Zn* ইত্যাদির নাম করা যাইতে পারে। কিন্তু যে সমস্ত ধাতুতে উল্লিখিত তড়িচ্চালক বল উচ্চতর তাপমাত্রা হইতে নিম্নতর তাপমাত্রা অভিমুখে কাজ করে, সেই সমস্ত ধাতুর টমসন ক্রিয়ায় ঋণাত্মক বলা হয়। *Fe*, *Pt*, *Bi*, *Co*, *Ni*, *Hg* ইত্যাদির টমসন ক্রিয়া ঋণাত্মক। সীসার ক্ষেত্রে টমসন ক্রিয়া প্রায় শূন্য এবং এই কারণেই তাপ-তড়িৎ সংক্রান্ত পরীক্ষায় সীসাকে প্রমাণ ধাতু হিসাবে ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

কোন পরিবাহীর দুইটি বিন্দুর মধ্যে তাপমাত্রার পার্থক্য 1°C হইলে, টমসন ক্রিয়ার জন্য ঐ দুই বিন্দুর মধ্যে যে তড়িচ্চালক বল ক্রিয়া করিবে তাহাকে **টমসন গুণাঙ্ক** (Thomson co-efficient) বলা হয়। ইহাকে সাধারণতঃ σ অক্ষর দ্বারা সূচিত করা হইয়া থাকে।

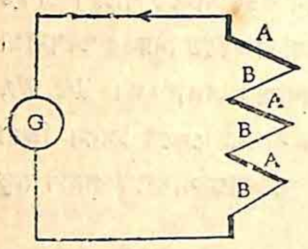
4-13. টমসন ক্রিয়ার পরীক্ষামূলক-প্রদর্শন (experimental demonstration of Thomson effeet): মোটা ধাতব দণ্ড AB-এর দুই প্রান্তকে যথাক্রমে 0°C এবং 100°C-এ রাখা হইল এবং মনে কর C-বিন্দুর তাপমাত্রা 50°C (চিত্র 4ঞ)। ব্যাটারী হইতে নিদিষ্ট অভিমুখে দণ্ডটির ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইলে দেখা যাইবে যে, C-বিন্দুর অবস্থান পরিবর্তিত হইয়াছে। মনে কর এই অবস্থায় C_1 বিন্দুর তাপমাত্রা 50°C হইল। তড়িৎপ্রবাহকে বিপরীতমুখী করিলে C-এর অবস্থান বিপরীত দিকে (মনে কর, C_2 বিন্দুতে) সরিয়া যাইবে। মোটা দণ্ডের রোধ খুব কম বলিয়া জুল-ক্রিয়া নগণ্য হইবে। তা' ছাড়া জুল ক্রিয়া তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখের উপর নির্ভর করে না। সুতরাং C-বিন্দুর অবস্থানের পরিবর্তন টমসন ক্রিয়ার জন্যই সম্ভব হইয়াছে। এই পরীক্ষা আরও প্রমাণ করে যে, টমসন ক্রিয়া একটি প্রত্যাবর্তক ঘটনা।



চিত্র—4ঞ

4-14. থার্মোপাইল (Thermopile): তাপযুগ্মের সন্ধিযুগল বিভিন্ন তাপমাত্রায় থাকিলে উহার ভিতরে তড়িৎপ্রবাহ ঘটিবে। নিদিষ্ট তাপযুগ্মের ক্ষেত্রে তড়িৎপ্রবাহের

মাত্রা সন্ধিযুগলের তাপমাত্রার পার্থক্যের উপর নির্ভর করিবে। তাপযুগ্মের এই নীতি থার্মোপাইলে কাজে লাগান হয়। থার্মোপাইলের সাহায্যে বিকীর্ণ তাপের তীব্রতা মাপা যায়। A ও B ধাতু দ্বারা তৈয়ারী কয়েকটি তাপযুগ্মকে শ্রেণীবদ্ধ সমবায়ে রাখিয়া সুবেদী গ্যালভ্যানোমিটার G-এর সহিত যুক্ত করা হয় (চিত্র 4ট)। বিকীর্ণ তাপকে তাপযুগ্মগুলির বাহির সন্ধিগুলির উপর ফেলা হয় এবং ভিতরের দিকের সন্ধিগুলিকে বিকিরণ হইতে আড়াল করিয়া রাখা হয়। বাহিরের দিকে অবস্থিত সন্ধিগুলিতে বিকীর্ণ তাপ আপতিত হওয়ার জন্য উহাদের তাপমাত্রা বাড়িয়া যাইবে এবং সীবেক ক্রিয়ার জন্য তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হইবে। নির্দিষ্ট থার্মোপাইলের ক্ষেত্রে তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা বিকীর্ণ তাপের তীব্রতার উপরে নির্ভর করিবে। সুতরাং গ্যালভ্যানোমিটারের বিক্ষেপ হইতে তড়িৎপ্রবাহের মাত্রা নির্ণয় করিয়া বিকীর্ণ তাপের তীব্রতা পরিমাপ করা সম্ভব। থার্মোপাইলে সাধারণতঃ অ্যান্টিমনি ও বিসমাথের তারযুগ্ম ব্যবহৃত হইয়া থাকে।



চিত্র—4ট

উদাহরণ

1. কোন ক্যালরিমিটারে 20°C-এ একলিটার জল আছে। উহার মধ্যে 8 ওহ্‌ম রোধের ভিতর দিয়া $2A$ তড়িৎপ্রবাহ 10 মিনিট প্রবাহিত হইলে জলের অন্তিম মাত্রা বাহির কর।

[A wire of 8 ohms resistance is immersed in a calorimeter containing one litre of water at 20°C. If a current of 2 amperes passes through the wire for 10 minutes, find the final temperature.]

উ। উদ্ভূত তাপের পরিমাণ $=\dfrac{i^2rt}{J}=\dfrac{5^2\times 8\times 10\times 60}{4{\cdot}2}$ ক্যালরি

জলের ভর = 1000 গ্রাম

তাপমাত্রা বৃদ্ধির পরিমাণ θ°C হইলে 1000 গ্রাম জল কর্তৃক গৃহীত তাপ = 1000θ ক্যালরি।

কোনরূপ তাপের অপচয় না ঘটিলে, গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

$$\therefore\ 1000\ \theta=\frac{5^2\times 8\times 10\times 60}{4{\cdot}2}$$

$$\text{বা, } \theta=\frac{5^2\times 8\times 10\times 60}{4.2\times 1000}=28^{\cdot}6^{\circ}C$$

সুতরাং, অন্তিম তাপমাত্রা $=20+28^{\cdot}6^{\circ}C=48^{\cdot}6^{\circ}C$.

2. $5A-250V$ হিটার $4\times 5\times 3$ ঘনমিটার আয়তনের ঘরের বায়ুকে গরম করে। কতক্ষণ সময়ে উহার তাপমাত্রা $10^{\circ}C$ বৃদ্ধি পাইবে? বায়ুর ঘনত্ব $=0^{\cdot}00129$ গ্রাম/সি. সি.; স্থিরচাপে বায়ুর আঃ তাঃ $=0^{\cdot}24$ এবং $J=4^{\cdot}2$ জুল/ক্যালরি।

[How long will it take to raise the temperature of air in a room $4\times 5\times 3$ metres through 10°C by means of an electric heater taking 5 amperes from a 250 volt mains, assuming no heat loss? Density of air $=0^{\cdot}00129$ gm./c.c.; specific heat of air at constant pressure $=0^{\cdot}24$. Joule's equivalent $=4^{\cdot}2$ Joules/cal.]

উ। বাড়ীটির মধ্যে অবস্থিত বায়ুর পরিমাণ,

$$m=4\times 5\times 3\times 10^6\times 0^{\cdot}00129 \text{ গ্রাম}$$

প্রয়োজনীয় তাপ $=m.\ s.\ t.$ ক্যালরি

$$=4\times 5\times 3\times 10^6\times 0^{\cdot}00129\times 0^{\cdot}20\times 10 \text{ ক্যালরি}$$

নির্ণেয় সময় t সেকেণ্ড হইলে,

$$\text{উদ্ভূত তাপ}=\frac{V.\ i.\ t.}{J} \text{ ক্যালরি}=\frac{250\times 5\times t}{4.2} \text{ ক্যালরি}$$

বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ ধরিয়া

$$\frac{250\times 5\times t\times 60}{4.2}=4\times 5\times 3\times 10^6\times 0^{\cdot}00129\times 0^{\cdot}24\times 10$$

$$\text{বা, } t=\frac{60\times 129\times 24\times 4^{\cdot}2}{250\times 5}=624 \text{ সেকেণ্ড}$$

$$=10 \text{ মিঃ } 24 \text{ সেঃ।}$$

3. কোন বৈদ্যুতিক বাতিকে 200 ভোল্টে যুক্ত করিলে রোধের পরিমাণ 125 ওহম হইলে তারের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ নির্ণয় কর।

[The filament of an incandescent lamp when connected to mains of 200 volt supply has a resistance of 125 ohms. What is the current through the filament?] [H. S.]

$$\text{উ। তড়িৎ প্রবাহ}=\frac{\text{বিভব-প্রভেদ}}{\text{রোধ}}=\frac{200}{125}=1^{\cdot}6 \text{ অ্যামপীয়ার।}$$

4. দুইটি সমান আকারের একটি দৈর্ঘ্যের তার আছে। তাদের ব্যাসের অনুপাত 1 : 2 এবং তারা শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত আছে। কিছুক্ষণের জন্য তাদের মধ্যে সমপরিমাণের তড়িৎ প্রবাহিত হইলে উদ্ভূত তাপের তুলনা কর। [H.S.]

[Two similar wires of equal length have diameters in the ratio 1 : 2 and are joined in series. Compare the heat developed in the wires if a steady current is passed through them for some time.] [H. S.]

উ। প্রথম তারটির ব্যাস d হইলে

দ্বিতীয় তারটির ব্যাস $2d$ হইবে।

তার দুইটির রোধ যথাক্রমে r_1 ও r_2 ধরা হইল।

আমরা জানি, $r \propto \frac{1}{d^2}$, $\therefore \frac{r_1}{r_2} = \frac{1}{d^2} \Big/ \frac{1}{(2d)^2} = 4.$

তার দুইটিতে উদ্ভূত তাপের পরিমাণ যথাক্রমে H_1 ও H_2 হইলে,

$\frac{H_1}{H_2} = \frac{r_1}{r_2} = 4 \quad \therefore \quad H_1 : H_2 = 4 : 1$

5. 2 ওহ্‌ম এবং 4 ওহ্‌ম রোধবিশিষ্ট দুইটি তার শ্রেণী সমবায়ে আছে এবং প্রান্তদ্বয়ের বিভব-প্রভেদ 6 ভোল্ট। তার দুইটিতে উদ্ভূত তাপের তুলনা কর। তার দুইটিকে সমান্তরাল সমবাহ যুক্ত করিলে উদ্ভূত তাপের তুলনা কর।

[Two wires of resistances 2 ohms, and 4 ohms respectively, are connected in series and a potential difference of 6 volts is applied between the ends. Compare the rates of heating in the two wires.

What would be the ratio of the rates of heating in the two wires if they were connected in parallel ?]

উ। ১ম অংশ : যেহেতু রোধ শ্রেণী সমবায়ে আছে. সুতরাং তাহাদের মধ্যদিয়া তড়িৎপ্রবাহ একই হইবে। তার দুইটিতে উদ্ভূত তাপের পরিমাণ যথাক্রমে H_1 ও H_2 হইলে,

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

২য় অংশ : এইক্ষেত্রে তার দুইটি সমান্তরাল সমবায়ে আছে। তুল্যাংক রোধ R হইলে,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4} \quad \therefore \quad R = \frac{4}{3}.$$

$$\text{বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহ} = \frac{6}{4/3} = \frac{9}{2} \text{ অ্যামপীয়ার}$$

2 ওহ্‌ম রোধের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ,

$$i_1 = \frac{4}{4+2} \times \frac{9}{2} = 3 \text{ অ্যামপীয়ার}$$

4 ওহ্‌ম রোধের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ

$$i_2 = \frac{2}{4+2} \times \frac{9}{2} = 1{\cdot}5 \text{ অ্যামপীয়ার}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{{i_1}^2}{{i_2}^2} = \frac{3^2}{(1{\cdot}5)^2} = 4.$$

6. [An electric iron, which when hot has a resistance of 80 ohms, is used on a 220 volt circuit. What will be the cost of using it for 2 hours, if the electrical energy costs 3 as. per kilowatt hour ?

[C. U. 1947]

উ। ইস্ত্রীটি 2 ঘণ্টায় যে পরিমাণ শক্তি ব্যবহার করে তাহার পরিমাণ

$$= \frac{V^2}{r} t = \frac{220 \times 220}{80} \times 2 \text{ ওয়াট্-ঘণ্টা}$$

$= 1210$ ওয়াট্-ঘণ্টা $= 1{\cdot}21$ কিলোওয়াট্-ঘণ্টা

নির্ণেয় খরচের পরিমাণ $= 1{\cdot}21 \times 3 = 3{\cdot}63$ আনা।

7. [Four $100W$, $200V$ and six $50W$, $200V$. lamps are used on a $200V$ mains. Calculate the current flowing through the mains and the total resistance of the lamps.]

[C. U. 1960]

উ। বাতিগুলির মোট তড়িৎ-ক্ষমতা $= 4 \times 100 + 6 \times 50$

$= 700$ ওয়াট্।

কিন্তু বিভবপ্রভেদ × তড়িৎ-প্রবাহ = তড়িৎ-ক্ষমতা = 700

$$\therefore \quad \text{তড়িৎ-প্রবাহ} = \frac{\text{তড়িৎ-ক্ষমতা}}{\text{বিভব-প্রভেদ}} = \frac{700}{200} = 3{\cdot}5 \text{ অ্যাম্পীয়ার}$$

$$\text{তুল্যাঙ্ক রোধ} = \frac{\text{বিভব-প্রভেদ}}{\text{তড়িৎপ্রবাহ}} = \frac{200}{3{\cdot}5} = 57{\cdot}14 \text{ ওহ্‌ম।}$$

8. [How many 60-watt lamps may be safely run on a 230-volt circuit fitted with a 5-amp fuse ?]

উ। মনে রাখিতে হইবে যে বাতিগুলি সমান্তরাল সমবায়ে আছে। বাতি-গুলির ভিতর দিয়া মোট যে পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিবে তাহা 5 অ্যামপীয়ারের বেশী হইলে ফিউজটি গলিয়া যাইবে। প্রত্যেকটি বাতির ভিতর তড়িৎ-প্রবাহ

$$=\frac{60}{230}=\frac{6}{23} \text{ অ্যামপীয়ার}$$

$$\therefore \text{ নির্ণেয় বাতির সংখ্যা} = 5 \div \frac{6}{23} = 19{\cdot}2$$

সুতরাং 19টি বাতি ব্যবহার করা যাইতে পারে। প্রকৃতপক্ষে আলো জ্বালিবার সময় তড়িৎপ্রবাহের মাত্রা বেশী থাকে। সেইজন্য নিরাপত্তার খাতিরে 19টির চেয়ে কম বাতি ব্যবহার করা উচিত।

9. তাপযুগ্মের একটি সন্ধিকে 0°C-এ রাখিলে এবং তড়িচ্চালক বল, $e=at+bt^2$ হইলে নিরপেক্ষ তাপমাত্রা বাহির কর। $a=16{\cdot}65\times10^{-6}$ এবং $b=-2{\cdot}97\times10^{-8}$ হইলে নিরপেক্ষ তাপমাত্রা কত হইবে?

[The e.m.f. of a themocouple, one junction of which is kept at 0°C is given by $e=at+bt^2$. Find the Neutral temperature. What will be the neutral temperature if 'a' $=16{\cdot}65\times10^{-6}$ and 'b' $=-2{\cdot}97\times10^{-8}$?]

উ। প্রথম অংশ :

আমরা জানি, নিরপেক্ষ তাপমাত্রায় (t_n) 'e' সর্বোচ্চ হইবে এবং de/dt শূন্য হইবে।

কিন্তু $e=at+bt^2$

$$\therefore \frac{de}{dt}=a+2bt_n=0.$$

$$\text{বা,} \quad t_n=-\frac{a}{2b}$$

দ্বিতীয় অংশ : নিরপেক্ষ তাপমাত্রা t_n°C হইলে,

$$t_n=-\frac{a}{2b}=\frac{16{\cdot}65\times10^{-6}}{2\times2{\cdot}97\times10^{-8}}=280{\cdot}4^\circ\text{C}$$

প্রশ্নাবলী

1. তড়িৎপ্রবাহের তাপীয় ফলের সূত্রাবলী লিখ। পরীক্ষার সাহায্যে উহাদের সত্যতা কিরূপে নিরূপণ করিবে? [State the laws of heating effect of current? How will you verify them experimentally?]

2. তড়িৎপ্রবাহের তাপীয়-ফল সংক্রান্ত জুলের সূত্রাবলী প্রতিষ্ঠিত কর। পরীক্ষার সাহায্যে জুল-তুল্যাঙ্কের মান নির্ণয় কর। [Establish Joule's law of heating effect of current. Describe an experiment to determine the value of J.]

3. জুল, ওয়াট, কিলো-ওয়াট-ঘন্টা বলিতে কি বুঝায়? কোন বৈদ্যুতিক বাতির উপর "230 ভোল্ট-100 ওয়াট" লেখা থাকিলে উহার তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। বাতিটি জ্বলিতে থাকিলে তড়িৎপ্রবাহ কত হইবে? [What is meant by Joule, watt and kilowatt-hour. Explain the significance when "230 volt-100 watt" is written on an electric bulb. What will be the current when the lamp burns.] [Ans. 10/23 amp.]

4. 10 ওহম কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া 10 মিনিট ধরিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে 1000 গ্রাম জল 25°C হইতে 75°C-এ উত্তপ্ত হয়। তড়িৎপ্রবাহের মান নির্ণয় কর। [A 10 ohm coil of wire is used to heat 1000 gm. of water from 25°C to 75°C in 10 mins. How much current must be used?] [Ans. 5·92 amps.]

5. 4·2 ওহ্‌ম রোধ-বিশিষ্ট তারের ভিতর দিয়া 2 অ্যাম্পীয়ার তড়িৎপ্রবাহ 5 মিনিট প্রবাহিত হইলে উদ্ভূত তাপের পরিমাণ নির্ণয় কর। [Calculate the amount of heat generated when a current of 2 amperes flows for 5 minutes through a wire of 4·2 ohm resistance. $J=4{\cdot}2\times10^7$ ergs per calorie.] [Ans. 1200 calorie]

6. 10 ওহম রোধ-বিশিষ্ট তারের ভিতর দিয়া 5 অ্যাম্পীয়ার তড়িৎপ্রবাহ 2 মিনিট প্রবাহিত হইলে যে পরিমাণ তাপ উদ্ভূত হইবে তাহা 100 গ্রাম জলকে কত ডিগ্রী উত্তপ্ত করিবে? [A current of 5 amperes flows through a wire of resistance 10 ohms for 2 minutes. If the heat produced be exclusively supplied to 100 gms. of water, through how many degrees will the temperature be raised?] [Ans. 72°C]

7. 60 ওহম রোধের ভিতর দিয়া কি পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ 1 ঘন্টা প্রবাহিত হইলে 1 কিগ্রা. জল 0°C হইতে স্ফুটনাঙ্কে উত্তপ্ত হইবে? [What current would have to flow for an hour through a resistance of 60 ohms in order that heat produced might suffice to raise 1 kgm. of water from 0°C to its boiling point?]

[Ans. 1·39 Amp.]

8. A battery of accumulators of e. m. f. 50 volts and internal resistance 2 ohms, is charged on 100 volts direct current mains. What series resistance will be required to give charging current of 2 amp.? If the battery be charged for 8 hours and one B. O. T. U. costs 1 d., then find the total cost.

[Ans. 23 ohms; 1·6d]

9. Twenty lamps of 60 watts each are run for 5 hours from 230 volts supply. Calculate (a) the units consumed, (b) the current through the mains, (c) the resistance of one lamp and (d) the heat produced in calories by all the lamps.

[Ans : (a) 6 units, (b) 5·22 amp. (c) 881·7 ohms. (d) $51·7 \times 10^5$ cals].

10. The filament of an electric lamp has a resistance of 65 ohms at the room temperature of 80°F. When it is connected to 230 volts, the filament attains a temperature of 5000°F. Calculate the monthly (30 days) charge if the lamp is used for 4 hours every day, given that the temperature co-efficient of resistance for tungsten is 0 0045 per degree Centigrade, and the cost of electrical energy is 25 paise per unit. [Ans. Rs. 1·82]

11. Two electric lamps rated for 220 volts are of wattages 60 and 40 respectively. Find the heat generated in each lamp per second when they are connected in series across 220 volts. [Ans. 2·3 cal. and 3·43 cal.]

12. A University Hostel has 360 lamps installed. The lamps consume 50 watts each and are lighted up for 6 hours daily for 9 months. The voltage of the supply is 220 and the current costs 0·16 paise per kilowatt-hour. Find the cost of the energy as well as the maximum current used.

[Ans. Rs. 10935/— ; 81·8 ampere.]

13. In a hostel of 40 boys there are 48 electric lamps, each of which is marked 40 watts, 220 volts. All the lamps burn on an average of 5 hours daily. The current costs 0·31 paise per kilowatt-hour. What will be the cost of the current for a month of 30 days ? If the cost of the current has to be paid by the students, what must each contribute ? [Ans. Rs. 90/—Rs. 2 25 p.]

14. An electric lamp has a resistance of 400 ohms. It is connected to a supply mains of 200 volts. If the price of electric energy be 3 as. per K. W. H., calculate the cost of lighting the lamp for 10 hours. [Ans. 19 p.] [C. U. 1950]

15. In a domestic 220 volts supply there are two 60 W lamps, one 40 W lamps ; two 25 W lamps. one 65 W fan and one half H. P. electric motor for pumping water. Discuss whether a 5 ampere fuse may be used in the main circuit. [Ans : Yes]

16. The thermal efficiency of an electric generating station is 28·6% and the calorific value of the coal burnt is 12,400 B. Th. U./lb. Calculate the weight of coal burnt per unit generated. Calculate also the output of the station at a time when it is burning at the rate of 30 tons/hour.

[Ans. 0·963 lb ; 69820 K.W.H.]

17. A total load of 5 tons is to be raised through 50 ft. by an electricity operated lift. If one-third of the electrical energy supplied is wasted in the motor and gearing, calculate the no of K. W. hour. If the above load is to be raised in 15 minutes, calculate the H. P. output required to do this and also the current taken by the motor if the supply pressure is 400 volts.

[Ans. 0·317 K. W. H. ; 1·7 H. P. ; 3·17 A]

18. সীবেক ক্রিয়া কাহাকে বলে? চিত্রের সাহায্যে বুঝাইয়া দাও। তাপযুগ্ম, তাপীয় তড়িচ্চালক বল, তাপ তড়িৎপ্রবাহ এবং সীবেক সারণী বলিতে কি বুঝায়? [Explain Seebeck effect with the help of a diagram. Explain what is understood by Thermo-couple, Thermo e.m.f., Thermo electric current and Seebeck series.]

19. তাপ তড়িচ্চালক বল কাহাকে বলে? তাপমাত্রার সহিত তাপ তড়িচ্চালক বল কিরূপে পরিবর্তিত হয়, তাহা লেখচিত্রের সাহায্যে বুঝাইয়া দাও। নিরপেক্ষ তাপমাত্রা এবং উৎক্রম তাপমাত্রা বলিতে কি বুঝায়? [What is meant by Thermo-e.m.f.? Explain the variation of Thermo-e.m.f. with temperature with the help of a graph. What is understood by neutral temperature and temperature of inversion?]

20. পেল্‌টিয়ার ক্রিয়া কাহাকে বলে? পরীক্ষার সাহায্যে পেল্‌টিয়ার ক্রিয়া কিরূপে প্রদর্শিত করিবে? পেল্‌টিয়ার ক্রিয়া ও জুল ক্রিয়ার পার্থক্য লিখ। [What is Peltier effect? How will you demonstrate Peltier effect experimentally? Distinguish between Peltier effect and Joule's effect.]

21. টম্‌সন ক্রিয়া কাহাকে বলে? ধনাত্মক টম্‌সন ক্রিয়া বলিতে কি বুঝায়? পরীক্ষার সাহায্যে টমসন ক্রিয়া কিরূপে প্রদর্শিত করিবে? [What is Thomson effect? What is meant by the statement that the Thomson effect is positive. How will you demonstrate Thomson effect experimentally.]

22. থার্মোপাইলের বর্ণনা দাও ও উহার কার্যনীতি ব্যাখ্যা কর। [Describe a Thermo-pile and explain its working principle.]

23. সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ: (i) সীবেক ক্রিয়া, (ii) পেল্‌টিয়ার ক্রিয়া, (iii) টম্‌সন ক্রিয়া। [Write short notes on: (i) Seebeck effect, (ii) Peltier effect, (iii) Thomson effect.]

State Institute of Education Govt. of West Bengal

পঞ্চম অধ্যায়

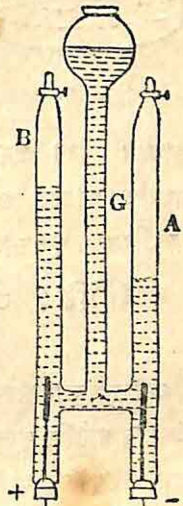
তড়িৎপ্রবাহের রাসায়নিক ক্রিয়া

(Chemical Effects of Current)

5-1. তড়িৎ প্রবাহের রাসায়নিক ক্রিয়া (Chemical effects of current) : **তড়িৎবিশ্লেষণ** (Electrolysis) : পরীক্ষা দ্বারা দেখা যায় যে বিশুদ্ধ জল তড়িতের কুপরিবাহী। কিন্তু জলে কিছু পরিমাণ অজৈব অম্ল (acid), ক্ষার বা লবণ গুলিয়া দিলে দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটিতে পারে। কিন্তু তড়িৎপ্রবাহের ফলে দেখা যাইবে যে দ্রাব (solute) পদার্থের অণুগুলি বিশ্লিষ্ট হইয়া যাইতেছে। ইহাকে তড়িৎ প্রবাহের রাসায়নিক ক্রিয়া বলে। বিশ্লিষ্ট অংশগুলিতে এক বা একাধিক পরমাণু থাকিতে পারে। একাধিক পরমাণু লইয়া গঠিত অংশগুলিকে মূলক (radical) বলা হয়। এই সমস্ত বিশ্লিষ্ট অংশগুলিকে আয়ন (ion) বলে এবং ইহাদের ইলেকট্রনের পরিমাণ স্বাভাবিকের চেয়ে কম বা বেশী। বিশ্লিষ্ট অংশগুলিতে স্বাভাবিকের চেয়ে ইলেকট্রনের পরিমাণ কম হইলে ধনাত্মক আয়ন (positive ion) এবং বেশী হইলে ঋণাত্মক আয়ন (negative ion) বলা হয়। যে প্রক্রিয়ার ফলে কোন দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহের ফলে দ্রাব পদার্থের অণুগুলি বিশ্লিষ্ট হইয়া যায় তাহাকে **তড়িৎ-বিশ্লেষণ** (electrolysis) বলে। যে দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহের ফলে তড়িৎবিশ্লেষণ ঘটিয়া থাকে তাহাকে **তড়িৎবিশ্লেষ্য** (electrolyte) বলা হয়। উদাহরণস্বরূপ, ঈষৎ অম্লযুক্ত জল, তুঁতে গোলা জল, সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ (Silver nitrate solution) ইত্যাদির নাম করা যাইতে পারে। যে পরিবাহী দুইটির সাহায্যে তড়িৎবিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটানো হয় তাহাদিগকে তড়িৎদ্বার (electrodes) বলে। যে তড়িৎদ্বার দিয়া তড়িৎপ্রবাহ তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে প্রবেশ করে তাহাকে অ্যানোড্ (Anode) এবং যে তড়িৎদ্বার দিয়া তড়িৎপ্রবাহ বাহির হইয়া যায় তাহাকে ক্যাথোড্ (Cathode) বলা হয়। তড়িৎবিশ্লেষ্যে তড়িৎ-প্রবাহের সময় ধনাত্মক আয়নগুলি ক্যাথোডের দিকে এবং ঋণাত্মক আয়নগুলি অ্যানোডের দিকে সঞ্চালিত হয়। যে পাত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণ সংঘটিত হয় তাহাকে ভোল্টামিটার (Voltameter) বলে। বিভিন্ন কাজের জন্য বিভিন্ন ধরনের ভোল্টামিটার

ব্যবহৃত হয়। ভোল্টামিটারকে অনেক সময় তড়িৎবিশ্লেষক কোষ (electrolytic cell) বলা হয়। ভোল্টীয়কোষের মত তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষেরও দুইটি তড়িৎদ্বার আছে। কিন্তু এই কোষের তড়িৎদ্বার দুইটি একই উপাদানে হইতে পারে। অপর পক্ষে ভোল্টীয় কোষের তড়িৎদ্বার দুইটি ভিন্ন উপাদানের না হইলে চলিবে না। ভোল্টীয় কোষের ভিতরে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে তড়িৎশক্তি উৎপন্ন হয়। কিন্তু তড়িৎবিশ্লেষক কোষের তড়িৎশক্তির নিজস্ব কোন উৎস নাই। বাহিরের কোন উৎস হইতে তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ পাঠান হয়।

5-2. জল-ভোল্টামিটার : জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ (Water voltameter : Electrolysis cf water) : বিশুদ্ধ জল তড়িতের অপরিবাহী। কিন্তু জলে সামান্য পরিমাণ অজৈব অম্ল গুলিয়া দিলে উহার ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ ঘটিতে পারে।



চিত্র—5ক

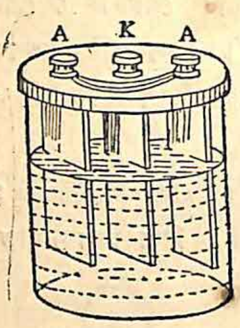
জলের তড়িৎ বিশ্লেষণের জন্য অংশাঙ্কিত দুইটি কাচের নল A এবং B লওয়া হয় (চিত্র 5ক)। নল দুইটি নীচের দিকে আর একটি ছোট কাচের নল দ্বারা সংযুক্ত। G-নলটিতে অম্ল-মিশ্রিত জলের সঞ্চয় থাকে। এই যন্ত্রটিকে জল-ভোল্টামিটার বলে।

A এবং B নলটির উপরের প্রান্তে দুইটি স্টপ কক্ এবং নীচের প্রান্তে প্লাটিনামের দুইটি তড়িৎদ্বার লাগানো থাকে। স্টপকক্ দুইটি বন্ধ রাখিয়া তড়িৎ-প্রবাহ ঘটাইলে একটি নলে হাইড্রোজেন এবং অপরটিতে অক্সিজেন জমিতে থাকিবে। A নলটিতে ক্যাথোড আছে; সেইজন্য এই নলটিতে হাইড্রোজেন এবং অপর নলটিতে অক্সিজেন জমা হইবে। পরীক্ষাদ্বারা দেখা যাইবে যে একই অবস্থায় হাইড্রোজেনের আয়তন অক্সিজেনের আয়তনের দ্বিগুণ হইবে। ইহা প্রমাণ করে যে আয়তন হিসাবে দুইভাগ হাইড্রোজেন এবং একভাগ অক্সিজেন মিশিয়া জল উৎপন্ন করে। তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় নিম্নলিখিত বিক্রিয়াটি ঘটিয়া থাকে :

$$H_2O \rightarrow 2H^+ + O^{--}$$

5-3. **তাম্র ভোল্টামিটার : তুঁতের দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ** (Electrolysis of copper sulphate solution) : একটি কাচের পাত্রে কিছু পরিমাণ

তুঁতের দ্রবণ লইয়া কয়েক ফোঁটা সালফিউরিক অ্যাসিড মিশান হইল। এইক্ষেত্রে তড়িৎ-দ্বারগুলি তামার তৈয়ারী এবং তাহারা এবোনাইটের ঢাকনা হইতে ঝোলানো থাকে (চিত্র 5 খ)। সাধারণত দুইটি তামার পাত (A, A) পরস্পর সংযুক্ত থাকে



চিত্র—5খ

এবং অ্যানোড হিসাবে কাজ করে। তাহাদের মাঝখানে রাখা তামার তৈয়ারী K-পাতটি ক্যাথোড হিসাবে ব্যবহৃত হয়। দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিলে ক্যাথোড দ্বারে তামার অণু জমিতে থাকিবে। ক্যাথোড পাতের উভয় দিকেই অ্যানোড পাত থাকার জন্য ক্যাথোডের দুইদিকেই তামার অণু সঞ্চিত হইবে। পরীক্ষার পূর্বে ক্যাথোড পাতটিকে ভালভাবে পরিষ্কার করিয়া ওজন করা হয়। পরীক্ষার পরে পাতটিকে শুকাইয়া ওজন করিলে দেখা যাইবে যে ওজন বাড়িয়া গিয়াছে। ইহা প্রমাণ করে যে, তড়িৎবিশ্লেষণের ফলে তামা সঞ্চিত হইয়াছে। ক্যাথোড পাতের প্রতি বর্গসেন্টিমিটারে 1 অ্যাম্পীয়ার হিসাবে তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিলে তড়িৎবিশ্লেষণ খুব ভাল হইবে।

কার্যনীতি : দ্রবণের ফলে তুঁতের অণুগুলি নিম্নলিখিতভাবে আয়নিত হয় :

$$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{--}$$

ধনাত্মক তামার আয়নগুলি ক্যাথোড অভিমুখে গমন করে এবং ক্যাথোড হইতে ইলেকট্রন ঘাটতি পূরণ করিয়া তামার অণুহিসাবে ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। ঋণাত্মক আয়ন $(SO_4)^{--}$ অ্যানোড অভিমুখে গমন করে এবং উদ্বৃত্ত ইলেকট্রন অ্যানোডকে প্রদান করে। তাহার পর অ্যানোডের তামার অণুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া $CuSO_4$ অণু সৃষ্টি করে। এইরূপে সৃষ্ট $CuSO_4$ অণুগুলি দ্রবীভূত হইয়া দ্রবণের ঘনত্ব ঠিক রাখে। সুতরাং তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে অণুগুলি অ্যানোড পাত হইতে ক্যাথোড পাতে চলিয়া যায়।

তড়িৎ-দ্বার দুইটি তামার পরিবর্তে প্লাটিনাম বা অন্য কোন নিষ্ক্রিয় ধাতুর হইলে আগের মতই ক্যাথোড পাতে তামার অণু জমা হইবে কিন্তু অ্যানোড পাতে $(SO_4)^{--}$ আয়ন জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া H_2SO_4 অ্যাসিড প্রস্তুত করিবে এবং অক্সিজেন গ্যাস বিমুক্ত করিবে। ইহার ফলে দ্রবণের ঘনত্ব কমিয়া যাইবে।

উপরের কাচের পাত্রে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ লইয়া রূপার তড়িৎ-দ্বার সাহায্যে

তড়িৎ-প্রবাহ ঘটাইলে রূপার অণুগুলি অ্যানোড পাত হইতে ক্যাথোড পাতে জমা হইবে। সেক্ষেত্রে যন্ত্রটিকে রৌপ্য-ভোল্টামিটার বলা হয়।

উপরোক্ত উপায়গুলির সাহায্যে বিশুদ্ধ তামা বা রূপা প্রস্তুত করা সম্ভব।

5-4. **ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণের সূত্রাবলী** (Faraday's Laws of electrolysis)**ঃ** কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে তড়িৎ-দ্বারে আয়ন সঞ্চিত হয়। তড়িৎ-প্রবাহের ফলে কি পরিমাণ আয়ন সঞ্চিত হইবে তাহা ফ্যারাডের সূত্রাবলীর সাহায্যে নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রথম সূত্র ঃ সঞ্চিত আয়নের ভর তড়িৎবিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া প্রবাহিত তড়িতের সমানুপাতিক।

দ্বিতীয় সূত্র ঃ বিভিন্ন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হইলে বিভিন্ন তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত আয়নের ভর উহাদের রাসায়নিক তুল্যাংকের সমানুপাতিক হইবে।

প্রথম সূত্রের ব্যাখ্যা ঃ Q পরিমাণ তড়িতের জন্য সঞ্চিত আয়নের পরিমাণ W হইলে প্রথম সূত্রানুসারে, $W \propto Q$.

কিন্তু তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ i ও সময়ের পরিমাণ t হইলে, $Q = i \times t$

$\therefore \; W \propto i\,t$ বা, $W = z.\, i.\, t$

এখানে z একটি ধ্রুবক এবং ইহাকে পদার্থটির **তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক** (Electro-chemical equivalent বা E.C.E.) বলা হয়।

উপরের সমীকরণে $i, t = 1$ বসাইলে, $W = z$ হইবে। অর্থাৎ একক পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হইলে যে পরিমাণ আয়ন সঞ্চিত হইবে তাহা বস্তুটির **তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংকের** সমান। উদাহরণস্বরূপ, তামার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক ·00033 গ্রাম/কুলম্ব। ইহাদ্বারা বুঝিতে হইবে যে এক কুলম্ব তড়িৎ কোন তাম্রঘটিত লবণের দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইলে ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারে ·00033 গ্রাম তামা সঞ্চিত হইবে।

দ্বিতীয় সূত্রের ব্যাখ্যা ঃ কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন ও যোজ্যতার অনুপাতকে উহার **রাসায়নিক তুল্যাংক** (Chemical equivalent) বলা হয়। ধর, নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ দুইটি বিভিন্ন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া প্রবাহিত

করাইলে সঞ্চিত আয়নের পরিমাণ যথাক্রমে W_1 ও W_2 হইল। বস্তুদ্বয়ের রাসায়নিক তুল্যাংক যথাক্রমে C_1 ও C_2 হইলে, ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে,

$$\frac{W_1}{W_2}=\frac{C_1}{C_2},$$

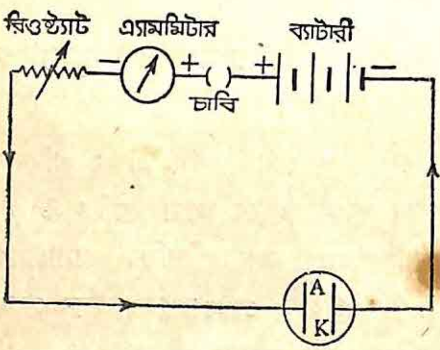
কিন্তু প্রথম সূত্র হইতে, $$\frac{W_1}{W_2}=\frac{Z_1Q}{Z_2Q}=\frac{Z_1}{Z_2}.$$

সুতরাং $$\frac{Z_1}{Z_2}=\frac{C_1}{C_2}$$

অর্থাৎ, $$\frac{\text{প্রথম বস্তুটির তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক}}{\text{দ্বিতীয় বস্তুটির তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক}}=\frac{\text{প্রথম বস্তুটির রাসায়নিক তুল্যাংক}}{\text{দ্বিতীয় বস্তুটির রাসায়নিক তুল্যাংক}}$$

রূপা এবং তামার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক যথাক্রমে ·001118 গ্র্যাম/কুলম্ব এবং ·000329 গ্র্যাম/কুলম্ব।

5-5. পরীক্ষার সাহায্যে ফ্যারাডের সূত্রদ্বয়ের প্রমাণ (Experimental verification of Faraday's laws) : নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি দ্বারা ফ্যারাডের সূত্রাবলী প্রমাণ করা যাইতে পারে।



চিত্র—5গ

প্রথম সূত্রের পরীক্ষা : প্রথম সূত্রের পরীক্ষার জন্য তড়িৎ বর্তনীটিকে 5(গ)নং চিত্রের অনুরূপ করিতে হইবে। তাম্র ভোল্টামিটারে তুঁতের দ্রবণ লইতে হইবে। ক্যাথোড পাতটিকে পরিষ্কার করিয়া শুষ্ক অবস্থায় ওজন লওয়া হইল। তাহার পর পাতটিকে ভোল্টামিটারে রাখিয়া একটি নির্দিষ্ট প্রবাহমাত্রা (ধর, i) বর্তনীটিতে t_1 সময় ধরিয়া চালানো হইল। মনে রাখিতে হইবে যে তড়িৎ-প্রবাহের মান যেন পরিবর্তিত না হয়। প্রয়োজন হইলে রিওস্ট্যাটকে নিয়ন্ত্রিত করিতে হইবে। পরীক্ষার পরে ক্যাথোড পাতটিকে পরিষ্কার করিয়া ধুইয়া শুষ্ক অবস্থায় ওজন করিলে দেখা যাইবে যে উহার ওজন বাড়িয়া গিয়াছে। ধর, ঐ

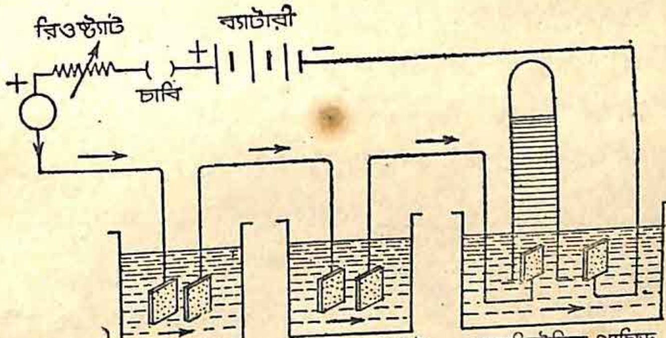
ওজন বৃদ্ধির পরিমাণ W_1 গ্রাম। ক্যাথোড পাতটিকে পুনরায় ভোল্টামিটারে রাখিয়া একই পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহ (i) t_2 সময় ধরিয়া পাঠাইতে হইবে। এই ক্ষেত্রে ওজন বৃদ্ধির পরিমাণ W_2 হইলে দেখা যাইবে যে,

$$\frac{W_1}{W_2}=\frac{t_1}{t_2}. \quad \text{কিন্তু} \quad \frac{t_1}{t_2}=\frac{it_1}{it_2}=\frac{Q_1}{Q_2}$$

$$\therefore \quad \frac{W_1}{W_2}=\frac{Q_1}{Q_2}$$

অর্থাৎ $W \propto Q$.

দ্বিতীয় সূত্রের পরীক্ষা ঃ এই ক্ষেত্রে 5 (ঘ) নং চিত্রের মতো বর্তনীটি সাজাইতে হইবে। একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহ নির্দিষ্ট সময় ব্যাপিয়া বিভিন্ন তড়িৎবিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া পাঠাইতে হইবে। তড়িৎবিশ্লেষ্যগুলি যথাক্রমে সালফিউরিক অ্যাসিড, কপার সালফেট ও সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইলে, ক্যাথোডে



চিত্র—5ঘ

যথাক্রমে হাইড্রোজেন, তামা ও রূপা সঞ্চিত হইবে। উহাদের পরিমাণ যথাক্রমে W_1, W_2 ও W_3 হইলে এবং রাসায়নিক তুল্যাংকের মান যথাক্রমে C_1, C_2 ও C_3 হইলে পরীক্ষার সাহায্যে দেখা যাইবে,

$$W_1 : W_2 : W_3 = C_1 : C_2 : C_3$$

এইভাবে দ্বিতীয় সূত্র প্রমাণ করা সম্ভব।

5-6. তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে তড়িৎপ্রবাহ নির্ণয় (Determination of current by electrolysis) ঃ কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া i পরিমাণ

তড়িৎ-প্রবাহ t সেকেণ্ড ধরিয়া পাঠানোর ফলে সঞ্চিত আয়নের পরিমাণ W গ্র্যাম হইলে এবং বস্তুটির তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক Z হইলে,

$W = Z.\ i.\ t$ হইবে।

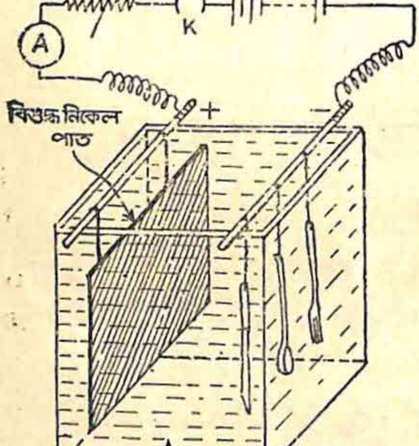
বা, $i = \dfrac{W}{Zt}$

সুতরাং W, Z এবং t জানা থাকিলে তড়িৎপ্রবাহের মান নির্ণয় করা সম্ভব। উপরোক্ত সমীকরণের সাহায্যে নির্ণীত তড়িৎ প্রবাহের মান তড়িচ্চুম্বকীয় এককে (e.m.u) সূচিত হইবে। তড়িৎ প্রবাহ I অ্যামপীয়ার হইলে,

$$I = \frac{i}{10} = \frac{W}{10} Zt.$$

5-7. তড়িৎ বিশ্লেষণের প্রয়োগ (Application of Electrolysis): তড়িৎবিশ্লেষণের সাহায্যে, ইলেক্ট্রোপ্লেটিং, ইলেক্ট্রোটাইপিং, বিশুদ্ধ ধাতু নিষ্কাশন ইত্যাদি সম্ভবপর।

(a) **ইলেক্ট্রোপ্লেটিং** (Electroplating): তড়িৎবিশ্লেষণের সাহায্যে কোন পরিবাহী বস্তুর উপর অন্য কোন ধাতুর প্রলেপ দেওয়াকে **ইলেক্ট্রোপ্লেটিং** বা **তড়িৎ-প্রলেপন** বলা হয়। ইহার সাহায্যে কাঁটা, চামচ, ছুরি এবং বিভিন্ন যন্ত্রপাতির উপর প্রয়োজন অনুসারে সোনা, রূপা, নিকেল ইত্যাদির প্রলেপ দেওয়া সম্ভবপর।



চিত্র—5৪

ইহার ফলে জিনিসগুলি দেখিতে সুন্দর হয় এবং ক্ষয় হইতে রক্ষা করে। যে সমস্ত জিনিসগুলিকে ইলেক্ট্রোপ্লেটিং করিতে হইবে তাহাদিগকে পরিষ্কার করিয়া একটি পরিবাহী দণ্ড হইতে একটি বাক্সের ভিতর ঝুলাইয়া রাখা হয়। পরিবাহী দণ্ডটি বিশ্লেষণের জন্য ঋণাত্মক দ্বার হিসাবে কাজ করে। যে ধাতুটির প্রলেপ দেওয়া হইবে তাহার একটি পাতকে উপরোক্ত বাক্সটির ভিতর ঝুলাইয়া রাখা হয়। ইহা ধনাত্মক তড়িৎদ্বার হিসাবে কাজ করিবে। বাক্সটির ভিতরে উপযুক্ত দ্রবণ রাখিয়া তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইলে ধনাত্মক পাত হইতে ধাতুকণাগুলি আসিয়া ঝুলানো বস্তুগুলির উপর জমিতে থাকিবে

এবং একটি প্রলেপের সৃষ্টি করিবে। বস্তুগুলির উপর সমভাবে প্রলেপ দিতে হইলে তড়িৎবিশ্লেষণের সময় উহাদিগকে আস্তে আস্তে ঘুরাইতে হইবে।

বিভিন্ন ধরনের প্রলেপ দিবার জন্য বিভিন্ন প্রকারের দ্রবণ ব্যবহৃত হয়। রূপার প্রলেপ দিতে হইলে একখণ্ড বিশুদ্ধ রূপার পাতকে ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার হিসাবে ব্যবহার করিতে হইবে। সেক্ষেত্রে দ্রবণ হিসাবে AgCN (1 ভাগ), KCN (4 ভাগ) এবং জল (100 ভাগ) ব্যবহার করিতে হইবে। চিত্রে নিকেলের প্রলেপ দেওয়ার ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে (চিত্র 5ঙ)। এই ক্ষেত্রে বিশুদ্ধ নিকেলের দ্বার ধনাত্মক তড়িৎ দ্বার এবং নিকেল সালফেটের জলীয় দ্রবণ তড়িৎদ্রব হিসাবে কাজ করে।

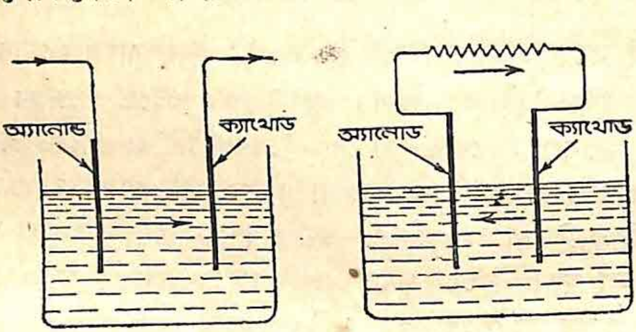
(*b*) **ইলেক্ট্রোটাইপিং** (Electrotyping) : ইহার সাহায্যে কোন মুদ্রা, লেখা বা ছবির একটি ছাঁচ তৈরী করা সম্ভব। এই ছাঁচগুলি হইতে প্রয়োজন মত অনেক কপি প্রস্তুত করা সম্ভব। কোন জিনিসের ইলেক্‌ট্রোটাইপিং করিতে হইলে প্রথমে মোমের উপর তাহার একটি ছাপ লইয়া তাহার উপর গ্রাফাইটের গুঁড়া ছড়াইয়া তাহাকে তড়িৎ পরিবাহী করা হয়। পরে উহাকে ঋণাত্মক পাত হিসাবে $CuSO_4$ দ্রবণে ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। বিশুদ্ধ তামার একটি পাতকে ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার হিসাবে উপরোক্ত দ্রবণে ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। তড়িৎ-প্রবাহের ফলে মোমের ছাঁচটির উপর তামা জমিতে থাকিবে। প্রলেপটি উপযুক্ত পরিমাণ পুরু হইলে তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করিয়া ছাঁচটি ছাড়াইয়া লওয়া হয়। এই ছাঁচের সাহায্যে প্রয়োজনমত বস্তুটির অনেক কপি ছাপানো সম্ভবপর।

মোটামুটি এই পদ্ধতি অবলম্বন করিয়াই গ্রামোফোন রেকর্ড প্রস্তুত করা হয়।

(*c*) **ধাতু নিষ্কাশন** (Extraction of metals) : তড়িৎ বিশ্লেষণের সাহায্যে সোডিয়াম, পটাসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতু নিষ্কাশিত করা হইয়া থাকে। ইহার সাহায্যে বিশুদ্ধ ধাতু প্রস্তুত করাও সম্ভবপর। উদাহরণস্বরূপ বিশুদ্ধ তামা পাইতে হইলে একটি তড়িৎবিশ্লেষণ কোষে একখণ্ড বিশুদ্ধ তামার দণ্ডকে ঋণাত্মক এবং খাদ মিশানো তামাকে ধনাত্মক তড়িৎদ্বার হিসাবে রাখা হয়। তড়িৎবিশ্লেষণ কোষে কপার সালফেট দ্রবণকে তড়িৎদ্রব হিসাবে রাখা হয়। তড়িৎপ্রবাহ ঘটিতে থাকিলে প্রায় 99·9% বিশুদ্ধ তামা ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারের উপর জমিতে থাকিবে।

5-8. গৌণ কোষ (Secondary cell) বা **সঞ্চয়ক কোষ** (Accumulators) : প্রথম অধ্যায়ে লেকল্যান্স কোষ ইত্যাদি বর্ণিত হইয়াছে। এই সমস্ত ক্ষেত্রে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে তড়িৎ-শক্তি উৎপন্ন হয়। কিন্তু রাসায়নিক

পদার্থগুলির কার্যক্ষমতা কমিয়া গেলে আর তড়িৎপ্রবাহ পাওয়া সম্ভব নহে। সেইরূপ অবস্থায় কোষটিকে কার্যক্ষম করিতে হইলে নূতনভাবে রাসায়নিক পদার্থ ব্যবহৃত হয়। সঞ্চয়ক কোষের ক্ষেত্রেও রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে তড়িৎশক্তি উৎপন্ন হয়। কিন্তু ইহার বিশেষত্ব এই যে কোষটির কার্যক্ষমতা কমিয়া গেলে যদি কোষটির ভিতর দিয়া বিপরীত দিকে উপযুক্ত উপায় অবলম্বন করিয়া তড়িৎপ্রবাহ পাঠানো হয়, তবে কোষট আবার কার্যক্ষম হইয়া উঠে। সুতরাং প্রয়োজন অনুসারে কোষটির ভিতর রাসায়নিক শক্তির আকারে তড়িৎশক্তি সঞ্চিত করা সম্ভব। সেইজন্য এই প্রকারের কোষকে **সঞ্চয়ক কোষ** বা **গৌণ কোষ** বলা হয়। কোষটির কার্যক্ষমতা ফিরাইয়া আনিবার জন্য

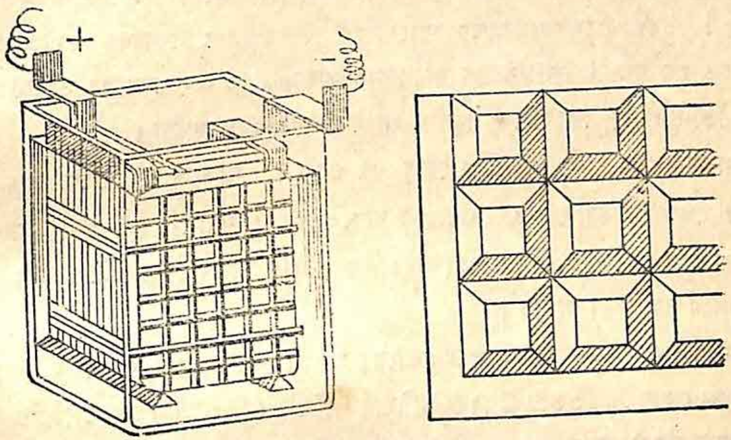


চিত্র—5চ

বিপরীত দিকে তড়িৎপ্রবাহ পাঠানোর ব্যবস্থাকে **আহিতকরণ** (charging) বলা হয়। আহিতকরণের সময় তড়িৎশক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিক হয় এবং কোষটির ভিতর দিয়া ধনাত্মক পাত হইতে ঋণাত্মক পাতে তড়িৎপ্রবাহ ঘটিয়া থাকে (চিত্র 5চ)। যখন কোষটি বাহিরের কোন বর্তনীতে তড়িৎ সরবরাহ করে, তখন রাসায়নিক শক্তি তড়িৎশক্তিতে রূপান্তরিত হয় এবং কোষটির ভিতর দিয়া ঋণাত্মক পাত হইতে ধনাত্মক পাত অভিমুখে তড়িৎপ্রবাহ ঘটিয়া থাকে (চিত্র 5চ)। প্রয়োজন অনুসারে সঞ্চয়ক কোষকে অনেকবার আহিত করা সম্ভব। কিন্তু মনে রাখিতে হইবে যে **আহিতকরণের সময় সমপ্রবাহ** (D. C.) ব্যবহার করিতে হইবে।

সঞ্চয়ক কোষে সক্রিয় তরল হিসাবে কোন উপযুক্ত অম্ল বা ক্ষার ব্যবহার করা সম্ভবপর। কিন্তু আমরা কেবলমাত্র অম্লজাতীয় কোষের বিষয় আলোচনা করিব। এই ধরনের সঞ্চয়ক কোষ ফরাসীদেশের বৈজ্ঞানিক প্লান্টি (Plante) সর্বপ্রথম আবিষ্কার করেন। পরবর্তীকালে আর একজন ফরাসী বৈজ্ঞানিক ফরে (Faure) কোষটির নির্মাণ ব্যাপারে অনেক উৎকর্ষ সাধন করেন। সঞ্চয়ক কোষে একটি পুরু কাচের পাত্রে

লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড থাকে এবং উহার ভিতর কতকগুলি সীসার পাত সমান্তরাল ভাবে ডুবাইয়া রাখা হয়। কাচের বা রবারের সরু দণ্ডের সাহায্যে পাতগুলিকে পরস্পর বিচ্ছিন্ন রাখা হয়। সীসার পাতগুলিকে পর্যায়ক্রমে (alternately) ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত করা হয় (চিত্র 5ছ)। সঞ্চয়ক কোষের শক্তি (capacity) বৃদ্ধি করিবার জন্য সীসার পাতগুলিকে নিরেট না করিয়া তাহাদের



চিত্র—5ছ

ভিতরে ঝাঁঝরির মত ছোট ছোট ছিদ্র (grid) রাখা হয় (চিত্র 5ছ)। ঝাঁঝরির এই ফাঁকগুলি লিথার্জ (PbO) ও সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণে প্রস্তুত লেই দ্বারা ভর্তি করা হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে ধনাত্মক পাতগুলির ছিদ্রগুলিতে রেড লেড (Pb_3O_4) ব্যবহৃত হয়। আহিতকরণের পূর্বে উভয় পাতে লেড সালফেট জমা থাকে।

$$PbO + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2O.$$

আহিতকরণের সময় তড়িৎপ্রবাহের ফলে জলের অণুগুলি হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। উহারা সীসার পাতগুলির সহিত নিম্নলিখিত রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত করে।

ধনাত্মকপাত, $PbSO_4 + O + H_2O = PbO_2 + H_2SO_4$

ঋণাত্মকপাত, $PbSO_4 + H_2 = Pb + H_2SO_4$

আহিতকরণের সময় সালফিউরিক অ্যাসিডের অণু গঠিত হওয়ার ফলে অ্যাসিডের

ঘনত্ব বাড়িয়া যায়। সম্পূর্ণভাবে আহিত অবস্থায় অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·25 এবং কোষটির তড়িচ্চালক বল 2·2 ভোল্ট হইয়া থাকে।

যখন কোষটি বাহিরের কোন বর্তনীতে তড়িৎ সরবরাহ করে, তখন নিম্নলিখিত রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়।

ধনাত্মকপাতে, $PbO_2 + H_2 + H_2SO_4 = PbSO_4 + 2H_2O$

ঋণাত্মকপাতে, $Pb + O + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2O$.

এই অবস্থায় সালফিউরিক অ্যাসিডের অণুগুলি জলের অণুতে পরিণত হইতে থাকে। ইহার ফলে অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব এবং কোষের তড়িচ্চালক বল কমিতে শুরু করে। অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·18 এবং কোষের তড়িচ্চালক বল 1·8 ভোল্ট হইলে কোষটিকে পুনরায় আহিত করা অবশ্য কর্তব্য।

সঞ্চয়ক কোষের আভ্যন্তরীণ রোধ ·01 ওহ্‌ম্। আভ্যন্তরীণ রোধের মান খুব কম বলিয়া কোষটির ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক দ্বারকে কখনও সরাসরি যুক্ত করা উচিত নহে। ইহা করিলে কোষটির ভিতর দিয়া অতিরিক্ত মাত্রায় তড়িৎপ্রবাহ ঘটিবে এবং কোষটি একেবারে নষ্ট হইয়া যাইবে।

বাষ্পীভবনের জন্য অনেক সময় কোষের তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব বাড়িয়া যায়। সেক্ষেত্রে কোষটির ভিতরে উপযুক্ত পরিমাণ পাতিত (distilled) জল ঢালিতে হইবে। যাহারা ব্যাটারী প্রস্তুত করেন তাহারা কোষটির গায়ে একটি চিহ্ন রাখিয়া দেন। ইহাকে 'অ্যাসিড লেভেল' বলা হয়। লক্ষ্য রাখিতে হইবে যেন কোষটির তরলের উচ্চতা সর্বদাই অ্যাসিড লেভেলে থাকে।

বাহিরের বর্তনীতে তড়িৎ সরবরাহের সময় প্রথম দিকে কোষটির তড়িচ্চালক বল আস্তে আস্তে কমিতে থাকে, কিন্তু কোষটি সম্পূর্ণভাবে কার্যক্ষমতা হারাইবার পূর্বে উহার তড়িচ্চালক বল খুব দ্রুত হারে 1·8 ভোল্টে নামিয়া যায়। সেইজন্য কেবলমাত্র কোষের তড়িচ্চালক বল জানিয়াই উহার কার্যক্ষমতার অবস্থা সঠিকভাবে নির্ণয় করা সম্ভব নহে। কিন্তু কোষটির কার্যক্ষমতা কমিবার সময় তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব সমহারে কমিতে থাকে। সেইজন্য অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিয়া কোষটির প্রকৃত কার্যক্ষমতা সঠিকভাবে নির্ণয় করা সম্ভব। ব্যাটারী হাইড্রোমিটারের সাহায্যে অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয়।

ব্যবহার ঃ আমাদের দৈনন্দিন জীবনে সঞ্চয়ক কোষের প্রচুর ব্যবহার দেখা যায়। পরীক্ষাগারে, পেট্রোল ইঞ্জিন, জাহাজ, ট্রেন বা মোটরগাড়ীতে আলো

জ্বালাইবার জন্য এই সমস্ত কোষ ব্যবহৃত হয়। এই সমস্ত কোষে অ্যাসিড থাকার জন্য ব্যবহারের সময় সাবধানতা অবলম্বন করা উচিত।

5.9. তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষ ও সাধারণ কোষের পার্থক্য (Difference between an electrolytic cell and an ordinary cell):

তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষ	সাধারণ কোষ
(i) তড়িৎ দ্বার দুইটি একই উপাদানের তৈয়ারী।	(i) তড়িৎ-দ্বার দুইটি বিভিন্ন উপাদানে তৈয়ারী।
(ii) বাহির হইতে প্রযুক্ত তড়িচ্চালক বলের জন্য তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষে তড়িৎপ্রবাহ চলে এবং রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয়।	(ii) সাধারণ কোষে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে তড়িৎ-দ্বার দুইটির মধ্যে তড়িচ্চালক বলের উদ্ভব ঘটে।
(iii) এই ধরনের কোষে তড়িৎ-শক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।	(iii) এই ধরনের কোষে রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ-শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।
(iv) দ্রাবক তরলের পরিমাণ বাড়াইলে বেশী পরিমাণে আয়ন মুক্ত হইবে।	(iv) তরলের পরিমাণ বাড়াইলে তড়িচ্চালক বলের কোন পরিবর্তন ঘটিবে না।
(v) তাপমাত্রা বাড়াইলে রাসায়নিক বিক্রিয়া বাড়িয়া যায়।	(v) তাপমাত্রা বাড়াইলে তড়িচ্চালক বল সামান্য পরিমাণে বাড়িয়া যায়।

5-10. তড়িৎ বিশ্লেষণের তত্ত্ব (Theory of electrolysis): আরেনিয়াসের (Arrhenius) মতে কোন দ্রাব (solute) বস্তুকে উপযুক্ত দ্রাবকে (solvent) দ্রবীভূত করিলে উহার অণুগুলি বিপরীত ভাবে আহিত দুইটি অংশে ভাঙ্গিয়া যায়। এই ধরনের অংশগুলিকে আয়ন বলা হয় এবং আয়নগুলিতে এক বা একাধিক পরমাণু থাকে। আয়নগুলি ধনাত্মক বা ঋণাত্মক হইতে পারে কিন্তু তাহাদের আধান সর্বদাই সমমাত্রায় থাকিবে। উদাহরণ স্বরূপ, NaCl-কে জলে মিশাইলে উহার অণুগুলি Na^+ এবং Cl^- আয়নে ভাঙ্গিয়া যাইবে। অনুরূপভাবে, জলের দ্রবণে $CuSO_4$ অণুগুলি Cu^{++} এবং SO_4^{--} আয়নে বিভাজিত হইবে।

দ্রাবক তরলের পরিমাণ বাড়াইলে দ্রাবের অণুগুলি আরও বেশী পরিমাণে বিশ্লিষ্ট হইবে এবং মুক্ত আয়নের সংখ্যা আরও বাড়িয়া যাইবে। দ্রাবকের পরিমাণ যথেষ্ট হইলে দ্রাবের সমস্ত অণুগুলি বিশ্লিষ্ট হইয়া যাইবে। তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে তড়িৎ প্রবাহের সময় ধনাত্মক আয়নগুলি ক্যাথোডের দিকে এবং ঋণাত্মক আয়নগুলি অ্যানোডের দিকে সঞ্চালিত হয়। ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নগুলির বিপরীতমুখী গতির জন্য দ্রবণে তড়িৎপ্রবাহের সৃষ্টি হয়। মনে রাখিতে হইবে যে, রাসায়নিক বিশ্লেষণ ও তড়িৎ

বিশ্লেষণ এক জিনিস নহে। রাসায়নিক বিশ্লেষণের জন্য কোন যৌগিক পদার্থের অণু দুই বা ততোধিক অনাহিত অণু বা পরমাণুতে ভাঙ্গিয়া যায়।

উদাহরণস্বরূপ NH_4Cl কে সামান্য গরম করিলে উহা NH_3 এবং HCl-অণুতে ভাঙ্গিয়া যায়।

$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$$

কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষণে কোন যৌগিক পদার্থের অণু একটি ধনাত্মক ও একটি ঋণাত্মক আয়নে ভাঙ্গিয়া যায়। যেমন,

$$NH_4Cl = NH_4^+ + Cl^-$$

উদাহরণ

1. কোন তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ আছে। এক ঘণ্টায় ক্যাথোডের উপর 0·805 গ্রাম রৌপ্য সঞ্চিত করিতে হইলে তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা নির্ণয় কর। রৌপ্যের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = ·001118 গ্রাম/কুলম্ব।

[Calculate the strength of the current that is to be sent for an hour through an electrolytic cell containing silver nitrate solution for depositing 0·805 gm. of silver on the cathode (E.C.E. of silver = 0·001118 gm. per coulomb.)]

উ। আমরা জানি, $W = Z.I.t$

$$\text{বা,}\quad I = \frac{W}{Z.t}$$

$$\therefore\quad I = \frac{W}{Z.t} = \frac{0{\cdot}805}{0{\cdot}001118 \times 60 \times 60} = 0{\cdot}2 \text{ অ্যাম্পীয়ার।}$$

2. 15 মিনিট ধরিয়া রৌপ্য-ভোল্টামিটারে 4 অ্যাম্পীয়ার তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে 4 গ্রাম রৌপ্য সঞ্চিত হয়। রৌপ্যের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

[If 4 ampere of current flowing through a silver voltameter for 15 minutes deposit 4 gms. of silver, then find the electro-chemical equivalent of silver.]

উ। আমরা জানি $W = Z.I.t.$

$$\therefore\quad Z = \frac{W}{I.t} = \frac{4}{4 \times 15 \times 60} = 0{\cdot}0011 \text{ গ্রাম/কুলম্ব।}$$

3. কপার সালফেট দ্রবণে 3 অ্যামপীয়ার তড়িৎপ্রবাহ 30 মিনিট প্রবাহিত হইলে সঞ্চিত তামার পরিমাণ নির্ণয় কর। তামার রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক=0·000333 গ্রাম/কুলম্ব।

[Calculate the mass of copper liberated when a current of 3 ampere flows through a copper sulphate solution for 30 minutes. E.C.E. of copper = 0·000333 gm./coulomb.]

উ। সঞ্চিত তামার পরিমাণ W হইলে

$W = Z.I.t = \cdot000333 \times 3 \times 30 \times 60 = 1\cdot8$ গ্রাম।

4. A current of two amperes is passed through a $CuSO_4$ solution. The area ef the cathode surface is 1·5 sq metres. Calculate the average increase in thickness of copper of deposit per minute. [E.C.E. of copper = ·0003294 and density of cu = 8·9 gms/c.c.]

উ। সঞ্চিত তামার পরিমাণ, $W = Z.I.t = \cdot0003294 \times 2 \times 60$

$= \cdot039528$ গ্রাম।

ক্যাথোডের বেধ (thickness) প্রতি সেকেণ্ডে d সেমি. বাড়িলে,

W = ক্যাথোডের ক্ষেত্রফল × d × তামার ঘনত্ব

$$\therefore \; d = \frac{W}{A\rho} = \frac{\cdot039528}{1\cdot5 \times (100)^2 \times 8\cdot9} = 0\cdot296 \times 10^{-6} \text{ সেমি.}$$

5. A battery is connected through a copper voltameter and a 2 ohm resistance all in series. When current flows for 30 minutes through the voltameter, the weight of the cathode increases by 1·476gm. If the potential difference between the ends of the two ohm resistance be 5 volts then find the E.C.E. of copper.

উ। এক্ষেত্রে তড়িৎপ্রবাহ

$$I = \frac{\text{বিভব প্রভেদ}}{\text{রোধ}} = \frac{5}{2} = 2\cdot5 \text{ অ্যাম্পীয়ার।}$$

আমরা জানি, $W = Z.I.t$

$$\therefore \; Z = \frac{W}{I.t} = \frac{1\cdot476}{2\cdot5 \times 30 \times 60} = 0\cdot000328 \text{ গ্র্যাম/কুলম্ব।}$$

6. How much Zinc will be consumed in a battery the current from which deposits 6 gms. of silver from a bath of silver nitrate, if 20

percent of the Zinc is wasted through local action? (Chemical equivalent of Zinc = 32·5 ; of silver = 108).

উ। প্রথম অংশ : ধর দস্তা এবং রূপার মুক্ত আয়নের পরিমাণ যথাক্রমে W_1 এবং W_2.

নির্দিষ্ট সময় ধরিয়া একই তড়িৎ প্রবাহ ঘটিলে

$$\frac{W_1}{W_2}=\frac{Z_1\ I\ t}{Z_2\ I.t}=\frac{Z_1}{Z_2}=\frac{C_1}{C_2}=\frac{32\cdot5}{108}$$

$$\therefore\ W_1=\frac{32\cdot5}{108}\times W_2=\frac{32\cdot5}{108}\times6=1\cdot8 \text{ গ্র্যাম ।}$$

স্থানীয় ক্রিয়ার জন্য যে পরিমাণ দস্তা ক্ষয় হয় তাহার পরিমাণ

$$=1\cdot8\times\frac{20}{100}=\cdot36 \text{ গ্র্যাম ।}$$

অতএব দস্তার পাতের ক্ষয়ের মোট পরিমাণ = 1·8 + ·36 = **2·16 গ্র্যাম।**

প্রশ্নাবলী

1. তড়িৎ-বিশ্লেষণ বলিতে কি বুঝ? নিম্নলিখিত রাশিগুলির দ্বারা কি বুঝায় তাহা ব্যাখ্যা কর : (i) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য ; (ii) তড়িৎ-দ্বার ; (iii) ক্যাথোড ; (iv) অ্যানোড ; (v) আয়ন ; (vi) রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক। [What do you mean by electrolysis. Explain the following terms: (i) Electrolyte ; (ii) Electrodes ; (iii) Cathode ; (iv) Anode ; (v) Ion ; (vi) Electro-chemical Equivalent.]

2. আয়ন, তড়িৎ-বিশ্লেষ্য এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণ বলিতে কি বুঝায় তাহা ব্যাখ্যা কর। তড়িৎ বিশ্লেষক কোষ এবং ভোল্টীয় কোষের মধ্যে পার্থক্য কি? তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে প্রবাহের মাত্রা কিরূপে মাপা যায় তাহা ব্যাখ্যা কর। [Explain the terms ion, electrolyte and electrolysis. What is the difference between an electrolytic cell and a voltaic cell? Explain how an electric current may be measured by the electrolysis it produces.]

3. জল-ভোল্টামিটারের কার্যনীতির বর্ণনা দাও। উহার ভিতরে তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইলে কি হইবে? [Describe the principle of a water voltameter. What will be the result if current is passed through water in it?]

4. তাম্র-ভোল্টামিটারের বর্ণনা দাও এবং উহার কার্য প্রণালী ব্যাখ্যা কর। ইহার সাহায্যে তড়িৎ-প্রবাহ কিভাবে মাপা যায়? [Describe a copper voltameter and explain its working principle. How can electric current be measured with its help?]

5. ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণের সূত্রাবলী লিখ। পরীক্ষার সাহায্যে কিরূপে তাহাদেরকে প্রমাণিত করিবে? [State Faraday's laws of electrolysis. How will you verify them experimentally?]

6. ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণের সূত্রগুলি লিখ এবং ব্যাখ্যা দাও। রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক এবং তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের তুলনা কর। [State and explain Faraday's laws of electrolysis. Compare ch mical equivalent with electro-chemical equivalent of an element.]

7. সংক্ষিপ্ত টীকা লিখঃ (a) ইলেক্ট্রোপ্লেটিং, (b) ইলেক্ট্রোটাইপিং। [Write short notes on: (a) Electroplating, (b) Electrotyping.]

8. প্রাথমিক কোষের সহিত গৌণ কোষের তুলনা কর। সঞ্চয়ক কোষের বর্ণনা দাও এবং উহার কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। [Distinguish between primary cell and secondary cell. Describe an accumulator and expl in its working principle.]

9. তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষ ও সাধারণ কোষের পার্থক্য লিখ। [State the difference between an electrolytic cell and an ordinary cell.]

10. সংক্ষেপে তড়িৎ-বিশ্লেষণের তত্ত্ব লিখ। [State briefly the theory of electrolysis.]

11. A metal plate having a total surface area of 300 sq. cm. is to be nickel-plated. If a current of 1·5 amp. is used for three hours, find the thickness of nickel deposited on the plate, [Density of nickel = 8·8 gm./c.c.; E.C.E. of nickel = 0·000304 gm./coulomb.] [Ans. $1{\cdot}87 \times 10^{-3}$ cm.]

12. A current of 2 amperes is passed through a $CuSO_4$ solution. The area of the cathode surface is 0·01 square metre. Calculate the average increase in thickness of the copper deposit per minute. (E.C.E. of Cu = ·000329 gm./coulomb, density of Cu. = 8·9 gm./c.c.) [Ans. $44{\cdot}36 \times 10^{-6}$cm.]

13. A copper voltameter is connected in series with a battery and a standard 2-ohm coil. The current is passed for 30 minutes and the increase in weight of the cathode is 1·476 gm. The mean reading of a voltameter connected across the 2-ohm coil is 5 volts. Determine E.C.E. of copper. [Ans. 0·000328 gm./coulomb.]

14. Find the amount of copper deposited when 2 ampere of current passes through a copper sulphate solution for 50 minutes. E.C.E. of copper = ·000328 gm./coulomb. [Ans. 1·968 gm.]

15. Find the strength of electric current which when flowing through a silver nitrate solution deposits 2·236 gm. of silver in 1 hr. 15 minutes. E.C.E. of silver = ·001118 gm./coulomb. [Ans. ·444 amp.]

16. Some quantity of electricity passes through copper sulphate solution and silver nitrate solution. If the amount of silver deposited be 1·08 gm. then find the am unt of copper that will be deposited. Atomic weights of silver and copper are respectively 108 and 63·6. [Ans. ·318 gm.]

17. 3·167 amperes of current passes for 4 hours through three voltameters containing copper sulphate solution, silver nitrate solution and dilute sulphuric acid all connected in series. Find the masses of copper, silver and hydrogen.

[E C E. of silver = ·001118 gm./coulomb; At wts. of silver, copper and hydrogen are 108, 63 6 and 1·008 respectively.]

[Ans. Ag = 50·3 gm, Cu = 14·85 gm., H_2 = ·47 gm.]

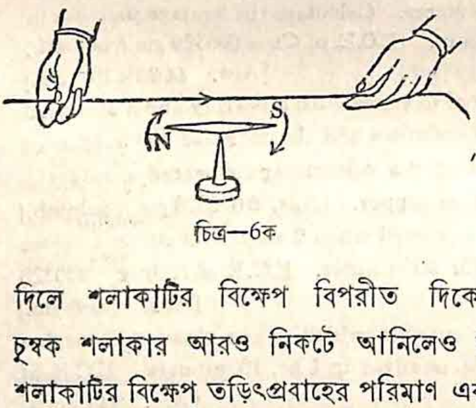
ষষ্ঠ অধ্যায়

তড়িৎ প্রবাহের চৌম্বক ক্রিয়া

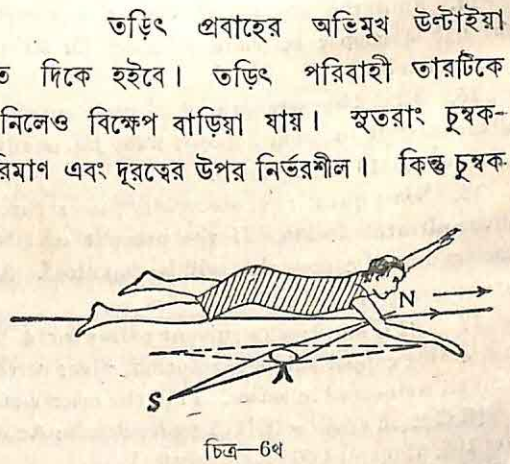
(Magnetic effect of current)

6·1. **ওরষ্টেডের পরীক্ষা** (Orsted's experiment) : কোন পরিবাহী তারের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে উহার চারিপাশে একটি চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। ইহাকে **তড়িৎপ্রবাহের চুম্বকীয় ফল** বলা হয়। 1820 খ্রীষ্টাব্দে ওরষ্টেড্ সর্বপ্রথম এই ঘটনা লক্ষ্য করেন। তড়িৎপ্রবাহের চুম্বকীয় ফল নিম্নলিখিত পরীক্ষার সাহায্যে দেখানো যাইতে পারে :

একটি চুম্বক শলাকার উপরে একটি পরিবাহী তারকে ধরা হইল। সাধারণভাবে চুম্বক শলাকাটি উত্তর-দক্ষিণ অভিমুখে থাকিবে। কিন্তু দেখা যাইবে যে পরিবাহী তারটির ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটাইলে চুম্বক শলাকাটি তীর চিহ্ন অভিমুখে বিক্ষিপ্ত হইয়াছে (চিত্র 6 ক)। তড়িৎপ্রবাহের মাত্রা বাড়াইলে বিক্ষেপের পরিমাণও বাড়িয়া যাইবে। অধিকন্তু তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখ উল্টাইয়া দিলে শলাকাটির বিক্ষেপ বিপরীত দিকে হইবে। তড়িৎ পরিবাহী তারটিকে চুম্বক শলাকার আরও নিকটে আনিলেও বিক্ষেপ বাড়িয়া যায়। সুতরাং চুম্বক-শলাকাটির বিক্ষেপ তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ এবং দূরত্বের উপর নির্ভরশীল। কিন্তু চুম্বক শলাকাটি কোন্ দিকে বিক্ষিপ্ত হইবে তাহা তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ এবং শলাকাটির অবস্থানের উপর নির্ভর করে। শলাকাটির বিক্ষেপের অভিমুখ নিম্নলিখিত সূত্রগুলির সাহায্যে নির্ণয় করা যাইতে পারে :



চিত্র—6ক

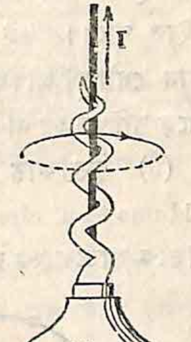


চিত্র—6খ

(i) **অ্যামপীয়ারের সন্তরণ সূত্র** (Ampere's Swimming Rule) : মনে কর কোন লোক পরিবাহী তার বরাবর তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখে স্বাভাবিক ভাবে

(free style) সাঁতার কাটিতেছে এবং তাহার মুখ চুম্বকশলাকার দিকে আছে। তাহা হইলে উত্তর মেরু লোকটির বাম হাতের দিকে বিক্ষিপ্ত হইবে (চিত্র 6 খ)।

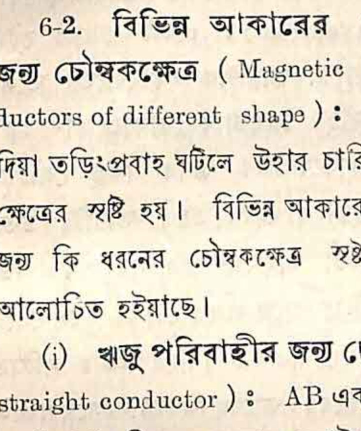
(ii) **ম্যাক্সওয়েলের কর্ক-স্ক্রু নিয়ম** (Maxwell's Cork-screw Rule) : মনে কর তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখে একটি দক্ষিণাবর্তী (right-handed) কর্ক-স্ক্রু ঘুরানো হইতেছে। এই অবস্থায় বৃদ্ধাঙ্গুলি যে দিকে ঘুরিতে থাকিবে, চুম্বক শলাকাটির উত্তর মেরু সেই দিকে বিক্ষিপ্ত হইবে (চিত্র 6 গ)।



চিত্র—6গ

6-2. **বিভিন্ন আকারের তড়িৎ পরিবাহীর জন্য চৌম্বকক্ষেত্র** (Magnetic field due to conductors of different shape) : কোন তারের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে উহার চারিপাশে একটি চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। বিভিন্ন আকারের তড়িৎ-বাহী তারের জন্য কি ধরনের চৌম্বকক্ষেত্র সৃষ্ট হইবে তাহা নিম্নে আলোচিত হইয়াছে।

(i) **ঋজু পরিবাহীর জন্য চৌম্বক ক্ষেত্র** (Magnetic field due to a straight conductor) : AB একটি তড়িৎ পরিবাহী ঋজু তার। ইহাকে একটি কার্ডবোর্ডের ভিতরে লম্বভাবে ঢুকাইয়া কার্ডবোর্ডটির উপর কিছু লৌহচূর্ণ ছড়ানো হইল। তড়িৎপ্রবাহ চলাকালীন কার্ডবোর্ডের উপর আস্তে আস্তে কয়েকবার টোকা দেওয়া হইল। ইহা করিলে দেখা যাইবে যে লৌহ চূর্ণগুলি তারটির চারি দিকে কতকগুলি সমকেন্দ্রিক বৃত্তাকারে সজ্জিত হইয়াছে (চিত্র 6 ঘ)। কার্ডবোর্ডটির যে বিন্দুতে তারটি ছেদ করিয়াছে, সেই বিন্দুটি

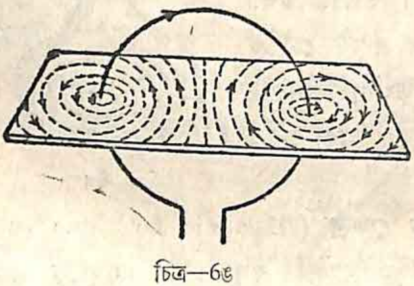


চিত্র – 6ঘ

উপরোক্ত বৃত্তগুলির কেন্দ্রবিন্দু হইবে। লৌহচূর্ণগুলির সজ্জা তড়িৎপ্রবাহের জন্য সৃষ্ট চৌম্বক বলরেখাগুলির ধরন সূচিত করিবে। চৌম্বক ক্ষেত্রে একটি সূচীকম্পাস্ রাখিয়া বলরেখাগুলির অভিমুখ নির্দিষ্ট করা যাইতে পারে। তড়িৎপ্রবাহ বিপরীত দিকে ঘটিলে বলরেখাগুলির অভিমুখও সম্পূর্ণভাবে উল্টাইয়া যাইবে। এই প্রসংগে উল্লেখ করা যাইতে পারে যে উপরোক্ত বলরেখাগুলি পরিবাহী তারের জন্য চৌম্বক ক্ষেত্র এবং পৃথিবীর চৌম্বকক্ষেত্র ইহাদের উভয়ের লব্ধি হিসাবে উপরোক্ত বলরেখাগুলি

পাওয়া গিয়াছে। তবে তারটির খুব নিকটে তড়িৎপ্রবাহের জন্য সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রের প্রভাব পৃথিবীর চৌম্বক-ক্ষেত্রের প্রভাবের তুলনায় খুব বেশী হইবে। সুতরাং মোটামুটিভাবে নিকটের বলরেখাগুলি তড়িৎবাহী তারটির জন্যই হইয়াছে বলিয়া ধরা যাইতে পারে। এই প্রসংগে আরও লক্ষণীয় বিষয় এই যে তড়িৎবাহী তারটি নিজে কোন লৌহচূর্ণ আকর্ষণ করে না। সুতরাং ইহা চৌম্বকক্ষেত্র সৃষ্টি করে; কিন্তু নিজে চুম্বকে পরিণত হয় না।

(ii) **বৃত্তাকার তড়িৎপরিবাহী তারের জন্য চৌম্বকক্ষেত্র** (Magnetic field due to a circular wire carrying a current): একটি তারের দুইটি প্রান্তকে কার্ডবোর্ডের দুইটি ছিদ্রের মধ্য দিয়া ঢুকাইয়া তারটিকে কার্ডবোর্ডের তলের সহিত উল্লম্বভাবে বৃত্তাকারে রাখা হয়। কার্ডবোর্ডটির উপর কিছু লৌহচূর্ণ ছড়াইয়া দেওয়া হয়। তারটির ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহের সময় কার্ডবোর্ড-টিতে আস্তে আস্তে টোকা দিলে লৌহ চূর্ণগুলি একটি নির্দিষ্ট সজ্জায় সজ্জিত হইবে। তারের নিকটের বলরেখাগুলি তারের চারিদিকে মোটামুটি সমকেন্দ্রিক বৃত্তাকারে থাকিবে। কিন্তু বৃত্তাকার তারের কেন্দ্রস্থলের বলরেখাগুলি বৃত্ততলের সহিত সমকোণে প্রায় সমান্তরালভাবে থাকিবে (চিত্র 6 ঙ)। সুতরাং এই অংশের চৌম্বকক্ষেত্র মোটামুটি সুষম (uniform) হইবে। এই ধরনের চৌম্বকক্ষেত্রের বহু ব্যবহারিক প্রয়োগ আছে।

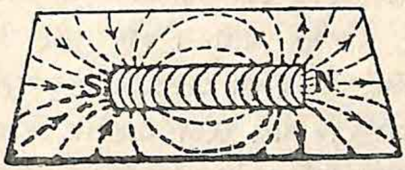


চিত্র—6ঙ

(iii) **সলিনয়েডে তড়িৎপ্রবাহের জন্য চৌম্বকক্ষেত্র** (Magnetic field due to a solenoid carrying a current): কোন অন্তরক চোঙের গায়ে অক্ষ বরাবর একটি দীর্ঘ অন্তরিত তারকে ঘন সন্নিবিষ্ট ভাবে জড়ানো হইলে একটি সলিনয়েড উৎপন্ন হয়। এই ক্ষেত্রে তারের যে কোন পাক চোঙটির অক্ষের সহিত মোটামুটি অভিলম্ব অবস্থায় থাকিবে।

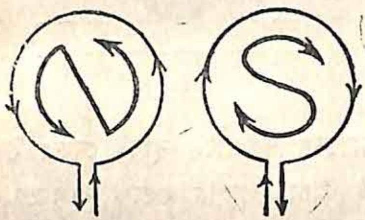
সলিনয়েডের জন্য কিরূপ চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হইবে তাহা দেখানোর জন্য সলিনয়েডকে কার্ড বোর্ডের উপর এমনভাবে রাখা হইল যাহাতে উহার অর্ধাংশ কার্ড বোর্ডের নীচে এবং বাকী অংশ উপরে থাকে। কার্ড বোর্ডের উপর কিছু লৌহ চূর্ণ ছড়াইয়া সলিনয়েডের ভিতর তড়িৎপ্রবাহ ঘটানো হইল। কার্ডবোর্ডটিতে

আস্তে আস্তে টোকা দিলে দেখা যাইবে যে লৌহ চূর্ণগুলি একটি নির্দিষ্ট সজ্জায় সজ্জিত হইয়াছে (চিত্র 6চ)। চিত্রটি অনুধাবন করিলে দেখা যাইবে যে সলিনয়েডের বলরেখাগুলি দণ্ড চুম্বকের বলরেখার অনুরূপ হইয়াছে। সুতরাং সলিনয়েডে তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিলে উহা দণ্ড চুম্বকের ন্যায় ব্যবহার করিবে। আরও একটি বিষয় লক্ষ্য করিতে হইবে যে সলিনয়েডের ভিতরে বলরেখাগুলি



চিত্র—6চ

ঘনসন্নিবিষ্ট এবং উহার অক্ষের সমান্তরাল। সলিনয়েডের ভিতরে একটি কাঁচা লোহার দণ্ড রাখিলে ইহার ভেদ্যতা (permeability) বেশী হওয়ার জন্য কাঁচা লোহাটির ভিতর বলরেখাগুলি আরও ঘনসন্নিবিষ্ট হইবে।

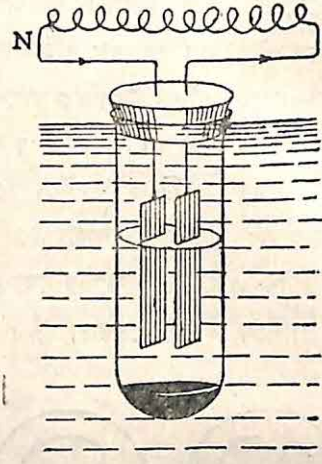


চিত্র—6ছ

সলিনয়েডটির কোন্ প্রান্তে কি মেরুর সৃষ্টি হইবে তাহা তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখের উপর নির্ভর করিবে। কোন প্রান্ত হইতে সলিনয়েডের অক্ষ বরাবর তাকাইলে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ বামাবর্তী (anti clock-wise) মনে হইলে ঐ প্রান্তটি উত্তরমেরু বিশিষ্ট হইবে। তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ দক্ষিণাবর্তী (clock-wise) মনে হইলে প্রান্তটিতে দক্ষিণ মেরু সৃষ্টি হইবে (চিত্র 6 ছ)।

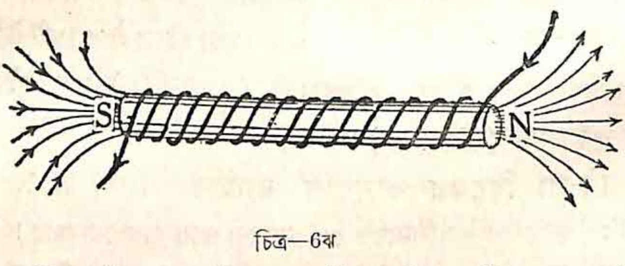
6·3. **ডি-লা রিভের ভাসমান ব্যাটারী** (De la Rive's floating Battery): তড়িৎবাহী সলিনয়েড দণ্ড চুম্বকের ন্যায় ব্যবহার করে। ইহা ডি লা রিভের ভাসমান ব্যাটারীর সাহায্যে দেখানো যাইতে পারে। পরীক্ষাটির জন্য একটি লম্বা টেষ্টটিউবে কিছু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড রাখিয়া উহার ভিতরে একটি দস্তার পাত এবং একটি তামার পাত ডুবাইয়া দেওয়া হয়। সলিনয়েডের প্রান্ত দুইটিকে টেষ্টটিউবে আটকানো কর্কের ভিতর দিয়া পাত দুইটির সহিত যুক্ত করিলে সলিনয়েডের ভিতরে তড়িৎপ্রবাহ ঘটিতে থাকিবে। ইহার কারণ টেষ্টটিউবে রাখা সালফিউরিক অ্যাসিড এবং তামা ও দস্তার পাত একটি ভোল্টীয় কোষ হিসাবে কাজ করিবে। সলিনয়েড সমেত টেষ্টটিউবটিকে জলে ভাসাইয়া দিলে দেখা যাইবে যে সলিনয়েডটির অক্ষ চৌম্বক মধ্যতল বরাবর রহিয়াছে। সলিনয়েডটিকে একটু নড়াইয়া দিলেও উহা

পুনরায় চৌম্বক মধ্যতলে রহিবে। সুতরাং সলিনয়েডটি মুক্ত অবস্থায় ঝুলানো দণ্ড চুম্বকের ন্যায় ব্যবহার করিতেছে। তাছাড়া সলিনয়েডটির উত্তর মেরুর নিকট কোন চুম্বকের উত্তর মেরু আনিলে দেখা যাইবে যে তাহাদের মধ্যে বিকর্ষণ ঘটিতেছে। সলিনয়েডের দক্ষিণ মেরুর নিকটে চুম্বকটির উত্তর মেরু আনা হইলে তাহাদের ভিতরে আকর্ষণ ঘটিতে দেখা যাইবে। সুতরাং প্রমাণিত হইল যে তড়িৎবাহী সলিনয়েড একটি দণ্ড চুম্বকের ন্যায় আচরণ করে।



চিত্র—6জ

6-4. তড়িচ্চুম্বক (Electromagnet) : তড়িৎপ্রবাহের ফলে উৎপন্ন চুম্বককে **তড়িচ্চুম্বক** বলা হয়। আমরা জানি যে সলিনয়েডের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহ ঘটাইলে একটি চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্ট হয় এবং সলিনয়েডের দুইপ্রান্তে দুইটি মেরুর উদ্ভব হয়। তড়িৎচুম্বক প্রস্তুত করিতে হইলে একটি কাঁচা লোহার দণ্ডকে সলিনয়েডের



চিত্র—6ঝ

ভিতরে ঢুকাইয়া দিতে হইবে। সলিনয়েডের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইলে দেখা যাইবে যে কাঁচা লোহার দণ্ডটি একটি চুম্বকে পরিণত হইয়াছে। সলিনয়েডে তড়িৎ-প্রবাহের ফলে উহার অক্ষ বরাবর যে চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্ট হয়, তাহা কাঁচা লোহার দণ্ডটিকে চুম্বকে পরিণত করে। তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ করিলে লোহার দণ্ডটি আর চুম্বক থাকিবে না। তড়িৎচুম্বকের কোন প্রান্তে কি মেরু সৃষ্টি হইবে, তাহা তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখের উপর নির্ভরশীল। তড়িচ্চুম্বকের যে প্রান্তে তড়িৎপ্রবাহ বামাবর্তী মনে হইবে, সেই প্রান্তটিতে উত্তর মেরু এবং অপর প্রান্তটিতে দক্ষিণ মেরু সৃষ্টি হইবে। তড়িচ্চুম্বকের শক্তি তড়িৎপ্রবাহের শক্তির উপর, সলিনয়েডে পাক (turn)-এর সংখ্যার উপর এবং

তড়িচ্চুম্বকের ভেদ্যতার উপর নির্ভরশীল। তড়িৎপ্রবাহের মাত্রা আস্তে আস্তে বাড়াইলে চুম্বকটির শক্তি বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে। অবশেষে এমন এক অবস্থা আসিবে যখন তড়িৎপ্রবাহ বাড়াইলেও তড়িচ্চুম্বকের শক্তি আর বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইবে না। এই অবস্থায় চৌম্বক সম্পৃক্তি (magnetic saturation) ঘটিয়াছে বুঝিতে হইবে। চিত্রে একটি দণ্ড আকারের তড়িচ্চুম্বক দেখানো হইয়াছে। (চিত্র 6 ঝ)।

সলিনয়েডের তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ বিপরীত দিকে করিলে তড়িচ্চুম্বকের মেরুগুলিও বিপরীত হইবে। তড়িচ্চুম্বকের বিশেষ স্থবিধা এই যে ইহাকে ইচ্ছামত যে কোন আকারের, যে কোন শক্তিসম্পন্ন এবং প্রান্তদ্বয়কে যে কোন মেরু বিশিষ্ট করা অতি সহজেই সম্ভবপর।

6-5. তড়িচ্চুম্বকের ব্যবহার (Uses of an electro-magnet) : বর্তমান যুগের সভ্যতা তড়িচ্চুম্বকের নিকট বিশেষভাবে ঋণী। আমাদের দৈনন্দিন জীবনে ইহা বিভিন্ন ভাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

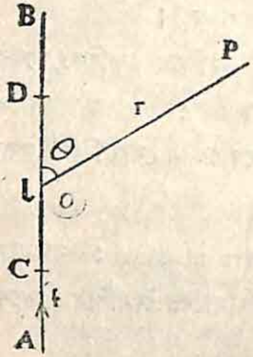
টেলিগ্রাফ, টেলিফোন, বৈদ্যুতিক ঘণ্টা এবং অনেকানেক স্বয়ং-ক্রিয় যন্ত্রপাতিতে তড়িচ্চুম্বক ব্যবহৃত হয়। তড়িৎশক্তি উৎপন্ন করিবার জন্য ডায়নামোতে তড়িচ্চুম্বকের ব্যবহার অপরিহার্য। চোখের ভিতর হইতে লোহার কুচি বাহির করিবার জন্য চিকিৎসকগণ তড়িচ্চুম্বক ব্যবহার করেন। রাসায়নিক প্রযুক্তি বিদ্যায় (chemical engineering) আকরিক লোহাকে ছোট ছোট আকারে পরিণত করিবার জন্য তড়িচ্চুম্বকের সাহায্যে অনেক উঁচুতে তোলা হয়। তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ করিলে আকরের টুকরাগুলি মাটিতে ফেলিয়া ছোট ছোট আকারে পরিণত করা হয়। এই ব্যবস্থা জামসেদপুরের লৌহকারখানায় অবলম্বিত হয়। ধাতু নিষ্কাশনের ক্ষেত্রে টিনকে Wolfram হইতে পৃথক করিবার জন্য তড়িচ্চুম্বক ব্যবহৃত হয়। পোর্সিলেন তৈয়ারীর ক্ষেত্রে চিনামাটি হইতে লোহাকে পৃথক করিবার জন্য তড়িচ্চুম্বক ব্যবহৃত হয়।

ইহা বলা নিষ্প্রয়োজন যে বিভিন্ন কাজের জন্য ব্যবহৃত তড়িচ্চুম্বকের আকার ও আয়তন বিভিন্ন হইবে।

6-6. তড়িচ্চুম্বক এবং স্থায়ী চুম্বকের ভিতর পার্থক্য (Distinction between electro-magnet and permanent magnet) : স্থায়ী চুম্বক অপেক্ষা তড়িচ্চুম্বক ব্যবহারের কতকগুলি বিশেষ স্থবিধা আছে। উদাহরণ স্বরূপ উপযুক্তভাবে তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ এবং অভিমুখ পরিবর্তিত করিয়া যথাক্রমে তড়িচ্চুম্বকের শক্তি

এবং মেরু পরিবর্তিত করা সম্ভব। সলিনয়েডে তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করিলে তড়িচ্চুম্বকের শক্তিও অন্তর্হিত হইবে। তাছাড়া, তড়িচ্চুম্বকের সাহায্যে খুব জোরালো চৌম্বকক্ষেত্র সৃষ্টি করা সম্ভবপর।

6-7. তড়িৎ প্রবাহের তড়িচ্চুম্বকীয় একক (Electro-magnetic unit of electric current) : কোন পরিবাহীর ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহ ঘটিলে তাহার চারিদিকে একটি চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। পরিবাহী হইতে যে কোন দূরত্বে কোন বিন্দুতে চৌম্বক প্রাবল্যের পরিমাণ **ল্যাপ্‌লাসের সূত্র** হইতে নির্ণয় করা যাইতে পারে। CD পরিবাহীতে i পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহ প্রবাহিত হইতেছে এবং ধর P বিন্দুতে AB অংশের জন্য চৌম্বক প্রাবল্য নির্ণয় করিতে হইবে। $AB=l$, $OP=r$, $\angle BOP=\theta$ এবং P বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের পরিমাণ F হইলে, ল্যাপ্‌লাসের সূত্রানুসারে,



চিত্র—6ঞ

$$F \propto i$$

$$\propto l$$

$$\propto \frac{1}{r^2}$$

$$\propto \sin\theta$$

বা, $F \propto \dfrac{i\,l\sin\theta}{r^2}$ বা, $F = k\dfrac{i\,l\sin\theta}{r^2}$

এখানে k একটি ধ্রুবক।

এক্ষণে, তড়িৎ প্রবাহের একক এমনভাবে ধরা হইল যে যখন,

$i=1,\ l=1,\ r=1,\ \theta=90^\circ$, তখন, $F=1$ হইবে

সেক্ষেত্রে $k=1$ হইবে।

$$\therefore\quad F=\frac{i\,l}{r^2}$$

উপরের সর্তাবলী হইতে তড়িৎ প্রবাহের তড়িচ্চুম্বকীয় এককের সংজ্ঞা দেওয়া যাইতে পারে। 1 সেমি. ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট 1 সেমি. দৈর্ঘ্যের কোন তারের ভিতর দিয়া যে পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে বৃত্তের কেন্দ্রবিন্দুতে 1 ওর্‌স্টেড্ চৌম্বকক্ষেত্র উৎপন্ন

হইবে সেই পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহকে তড়িৎ প্রবাহের **তড়িচ্চুম্বকীয় একক** (বা, e. m. u.) ধরা হয়।

তড়িৎপ্রবাহের ব্যবহারিক একক 1 অ্যাম্পীয়ার = 0·1 তড়িচ্চুম্বকীয় একক।

6-8. তড়িৎবাহী পরিবাহীর উপর চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাব (Effect of magnetic field on a conductor carrying a current) : আমরা জানি যে, কোন পরিবাহীর ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে তাহার চারিদিকে একটি চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। সুতরাং এইক্ষেত্রে, কোন বিন্দুতে একটি চৌম্বক মেরু রাখা হইলে মেরুটি বল অনুভব করিবে। মেরুটি যে পরিমাণ বল অনুভব করিবে তাহা তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ, পরিবাহীর দৈর্ঘ্য, মেরুটির শক্তি, পরিবাহী হইতে মেরুটির দূরত্ব ইত্যাদির উপর নির্ভর করিবে। তড়িৎবাহী পরিবাহীটির চৌম্বক ক্ষেত্রের জন্য মেরুটি বল অনুভব করিলে নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে, মেরুটিও পরিবাহীটির উপর বিপরীত দিকে সমপরিমাণ বল প্রয়োগ করিবে। পরিবাহীটি মুক্ত অবস্থায় থাকিলে উহার গতির অভিমুখ ফ্লেমিং-এর বামহস্ত সূত্র সাহায্যে নির্ণয় করা যাইতে পারে।

ফ্লেমিং-এর বাম হস্ত সূত্র (Fleming's Left hand rule) : বাম হস্তের প্রথম তিনটি অঙ্গুলি পরস্পরের সহিত সমকোণে রাখিয়া প্রসারিত করিলে তর্জনী এবং মধ্যমা যদি যথাক্রমে চৌম্বক ক্ষেত্র এবং তড়িৎপ্রবাহের দিক্ নির্দেশ করে, তবে বৃদ্ধাঙ্গুলি পরিবাহীর গতির অভিমুখ সূচিত করিবে (চিত্র 6 ট)।

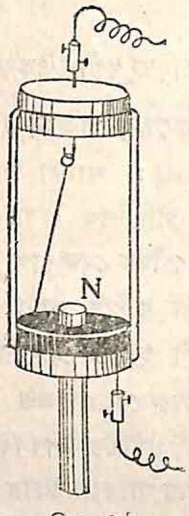


চিত্র—6ট

নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি দ্বারা ইহা দেখানো যাইতে পারে :

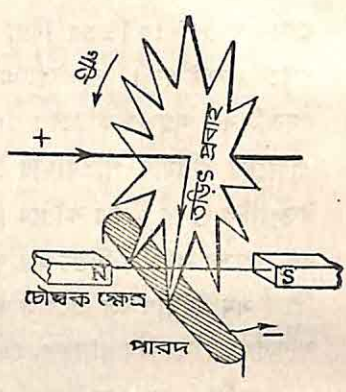
(i) **ফ্যারাডের ঘূর্ণন তার পরীক্ষা** (Faraday's rotating wire) : এই পরীক্ষাটি ফ্যারাডে আবিষ্কার করেন। একটি লম্বা কাচের চোঙের দুইটি মুখ ছিপি দ্বারা বন্ধ করিয়া নীচের দিক হইতে কোন দণ্ড চুম্বকের উত্তর মেরুটিকে নলের ভিতর ঢুকাইয়া দেওয়া হয় (চিত্র 6 ঠ)। নলের তলদেশে কিছু পরিমাণ পারদ রাখা হয়। উপরের ছিপিটি হইতে একটি তারের আংটা ঝুলানো আছে। আরেকটি পরিবাহী তারের একপ্রান্ত আংটার সহিত আটকানো থাকে এবং অপর প্রান্তটি পারদে ডুবানো থাকে। কোন ব্যাটারী হইতে বর্তনীর ভিতর জোরালো তড়িৎ প্রবাহ ঘটাইলে দেখা

যাইবে যে পরিবাহী তারটি ফ্লেমিং-এর বাম হস্ত সূত্রানুসারে উত্তর মেরুটির চারিদিকে ঘুরিতে থাকিবে।



চিত্র—6 ঠ

(ii) **বার্লোর চক্র** (Barlow's wheel): এই পরীক্ষার সাহায্যেও তড়িৎবাহী পরিবাহীর উপর চৌম্বক-ক্ষেত্রের প্রভাব দেখানো যাইতে পারে। বার্লোর চক্রে (চিত্র 6ড) তারকাকৃতি একটি পাতলা তামার চাকৃতি আছে। তামার চাকৃতিটি একটি অনুভূমিক অক্ষের চারিদিকে ঘুরিতে পারে। যন্ত্রটির কাঠের পাটাতনে একটি গর্তের মধ্যে কিছু পারদ এমন ভাবে রাখা আছে যে চাকৃতিটি ঘুরিবার সময় উহার নিম্নতম অংশ পারদকে স্পর্শ করিতে পারে। গর্তটির

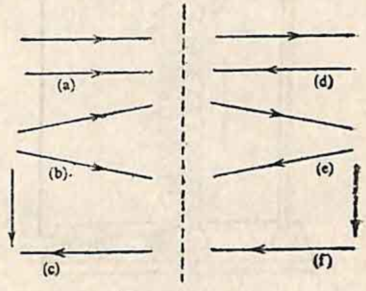


চিত্র—6ড

দুইদিকে কোন শক্তিশালী চুম্বকের বিপরীত মেরুদ্বয়কে রাখা হয়। চিত্রের অনুরূপ তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে দেখা যাইবে যে চাকৃতিটি অনুভূমিক অক্ষের চতুর্দিকে ঘুরিতেছে। তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ উল্টাইয়া দিলে চক্রটি বিপরীত দিকে ঘুরিতে থাকে। চাকৃতিটি কেন ঘুরিবে তাহা নিম্নলিখিত উপায়ে ব্যাখ্যা করা যাইতে পারে:

মনে কর, চাকৃতিটির একটি দাঁত পারদের সংস্পর্শে আছে। এই অবস্থায় ব্যাটারী হইতে তড়িৎপ্রবাহ চাকৃতিটির ভিতর দিয়া পারদের ভিতর প্রবাহিত হইবে। চুম্বকের ক্ষেত্রে তড়িৎবাহী বার্লোর চক্রটি থাকার জন্য চক্রটি বল অনুভব করিবে এবং গতি সম্পন্ন হইবে। চক্রটির গতির অভিমুখ ফ্লেমিং এর বামহস্ত সূত্র মানিয়া চলিবে। চক্রটির প্রথম দাঁতটি গতিসম্পন্ন হওয়ার ফলে গতিজাড্যের জন্য পরের দাঁতটি পারদের সংস্পর্শে আসিবে এবং উপরোক্ত কারণে ইহা একটি বল অনুভব করিবে। এইরূপে পর্যায়ক্রমে দাঁতগুলি বল অনুভব করার জন্য চক্রটি ঘুরিতে থাকিবে। তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখ উল্টাইয়া দিলে ফ্লেমিং-এর সূত্রানুসারে চক্রটি বিপরীত দিকে ঘুরিতে থাকিবে।

6-9. দুইটি পরিবাহীর পারস্পরিক ক্রিয়া (Action between two conductors carrying currents) : *কোন পরিবাহীর ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে তাহার চারিপাশে একটি চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়।* এই কারণে দুইটি তড়িৎ-বাহী পরিবাহীকে কাছাকাছি রাখিলে তড়িৎপ্রবাহের জন্য দুইটি চৌম্বকক্ষেত্রের সৃষ্টি হইবে। এই চৌম্বকক্ষেত্র দুইটি পরস্পর পরস্পরের উপর প্রভাব বিস্তার করিবে যাহার ফলে পরিবাহী দুইটি একটি বল অনুভব করিবে। ইহাকে তড়িৎপ্রবাহের পারস্পরিক ক্রিয়া বলা হয়। পরিবাহী দুইটি কোন্ দিকে বল অনুভব করিবে তাহা ফ্লেমিং-এর বাম হস্ত সূত্র সাহায্যে নির্ণয় করা সম্ভবপর। পরিবাহী দুইটির গতির অভিমুখ নিম্নলিখিত সূত্র দুইটির সাহায্যেও নির্ণয় করা যাইতে পারে (চিত্র 6চ) :



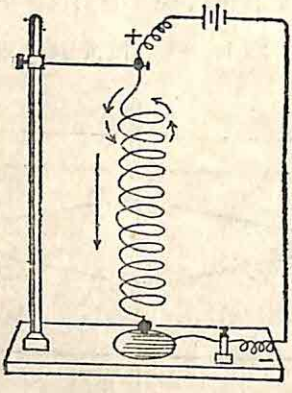
চিত্র—6চ

প্রথম সূত্র : দুইটি সমান্তরাল তড়িৎবাহীর ভিতর দিয়া একই দিকে তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিলে তাহাদের মধ্যে আকর্ষণ এবং বিপরীত দিকে ঘটিলে তাহাদের মধ্যে বিকর্ষণ হইবে।

দ্বিতীয় সূত্র : দুইটি অসমান্তরাল পরিবাহীর ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ যদি একই সংগে সংযোগ বিন্দুর দিকে অথবা সংযোগ বিন্দু হইতে দূরের দিকে সংঘটিত হয় তাহা হইলে তাহাদের পরস্পরের মধ্যে আকর্ষণ ঘটিবে। যদি একটি পরিবাহীতে তড়িৎপ্রবাহ সংযোগবিন্দুর দিকে এবং অপরটিতে সংযোগবিন্দু হইতে দূরের দিকে সংঘটিত হয় তবে তাহাদের মধ্যে বিকর্ষণ হইবে।

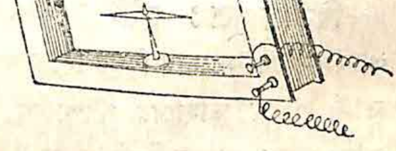
6-10. রজেটের কম্পমান কুণ্ডলী (Roget's vibrating spiral) : দুইটি সমান্তরাল পরিবাহীর ভিতর দিয়া একই দিকে তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে তাহারা পরস্পরকে আকর্ষণ করিবে। ইহা রজেটের কম্পমান কুণ্ডলীর সাহায্যে দেখানো যাইতে পারে। উল্লম্ব ভাবে অবস্থিত সরু তামার একটি কুণ্ডলীর উপর প্রান্তটি একটি স্ক্রুর সহিত আটকানো আছে। নীচের প্রান্তে একটি ছোট ধাতুর বল এমন ভাবে লাগানো আছে যাহাতে বলটি পাটাতনের উপর রক্ষিত পারদের সংস্পর্শে আসিতে পারে (চিত্র 6ণ)। বর্তনীটি সম্পূর্ণ করিয়া কুণ্ডলীটির ভিতর তড়িৎপ্রবাহ ঘটাইলে সন্নিহিত তারের

পাকগুলি পরস্পরকে আকর্ষণ করিবে। ইহার ফলে ধাতুর বলটি পারদের গর্ত হইতে উঠিয়া আসিবে এবং বর্তনীটি বিচ্ছিন্ন হওয়ার জন্য আর কোন তড়িৎপ্রবাহ ঘটিবে না। তড়িৎপ্রবাহ না থাকার জন্য তারের পাকগুলি পরস্পরকে আর আকর্ষণ করিবে না। সুতরাং ধাতুর বলটি পুনরায় পারদের সংস্পর্শে আসিয়া বর্তনীটিকে পুনরায় সংহত করিবে। পুনরায় তড়িৎপ্রবাহের ফলে আগেকার ঘটনাবলীর পুনরাবৃত্তি ঘটিবে এবং তারের কুণ্ডলীটি পর্যায়ক্রমে উঠানামা করিতে থাকিবে। এই কারণে ইহাকে কম্পমান কুণ্ডলী বলা হয়।



চিত্র—6ণ

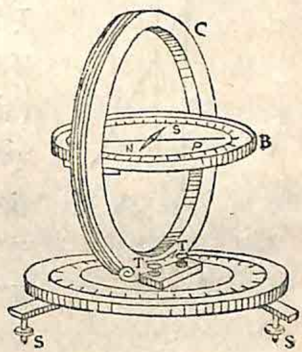
6-11. গ্যালভানোস্কোপ (Galvanoscope): কোন বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহ ঘটিতেছে কিনা তাহা জানিবার জন্য গ্যালভানোস্কোপ ব্যবহৃত হয়। খুব ক্ষীণ তড়িৎপ্রবাহের অস্তিত্বও ইহার সাহায্যে নির্ণয় করা সম্ভব। এই যন্ত্রে একটি আয়তাকার কাঠামোর উপর কয়েক পাক অন্তরিত তার জড়ানো থাকে এবং উহার কেন্দ্রস্থলে একটি চুম্বকশলাকা রাখা হয় (চিত্র 6ত)। কুণ্ডলীর উল্লম্ব তলকে চৌম্বক মধ্যতল বরাবর রাখিতে হইবে। কুণ্ডলীর ভিতর তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে তাহার চারিপাশে চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হইবে। ফলে চুম্বকশলাকাটি বিক্ষিপ্ত হইবে। সুতরাং চুম্বকশলাকাটির বিক্ষেপ ঘটিলে বুঝিতে হইবে যে বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহ ঘটিতেছে। এখানে মনে রাখিতে হইবে যে তড়িৎপ্রবাহ অপরিবর্তিত রাখিয়া কুণ্ডলীতে পাকের সংখ্যা বৃদ্ধি করিলে চুম্বক শলাকাটির বিক্ষেপও বাড়িয়া যাইবে। তাছাড়া, তারটি কুণ্ডলীর আকারে থাকার জন্য উহার উপরের অংশে যে দিকে তড়িৎপ্রবাহ ঘটিবে, নীচের অংশে তাহার বিপরীত হইবে। সুতরাং কুণ্ডলীর উপরের অংশ চুম্বক শলাকাটিকে যে দিকে বিক্ষিপ্ত করিবে, অ্যাম্পীয়ারের সন্তরণ সূত্রানুসারে তারটির নীচের অংশও সেইদিকে বিক্ষিপ্ত করিবে। ফলে বিক্ষেপের পরিমাণ আরও বাড়িয়া যাইবে। সুতরাং যন্ত্রের


চিত্র—6ত

সাহায্যে ক্ষীণ তড়িৎপ্রবাহের অস্তিত্বও নির্ণয় করা সম্ভব। চুম্বকশলাকাটির বিক্ষেপের পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহের শক্তির উপর নির্ভর করিবে।

6-12 **গ্যালভানোমিটার** (Galvanometer): গ্যালভানোস্কোপের তুলনায় গ্যালভানোমিটার অনেক সুবেদী এবং ইহার সাহায্যে তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ নির্ণয় করা সম্ভব। সাধারণতঃ দুই ধরনের গ্যালভানোমিটার ব্যবহৃত হয়। যথা: (i) **চলচুম্বক গ্যালভানোমিটার** (Moving magnet galvanometer) এবং (ii) **চল-কুণ্ডলী গ্যালভানোমিটার** (Moving coil galvanometer)। চল-চুম্বক গ্যালভানোমিটারের উদাহরণ স্বরূপ ট্যানজেণ্ট গ্যালভানোমিটারের এবং চল-কুণ্ডলী গ্যালভানোমিটারের উদারণস্বরূপ ডি-আরসোনভ্যাল গ্যালভানোমিটার, অ্যাম্‌মিটার ও ভোল্টমিটারের নাম করা যাইতে পারে।

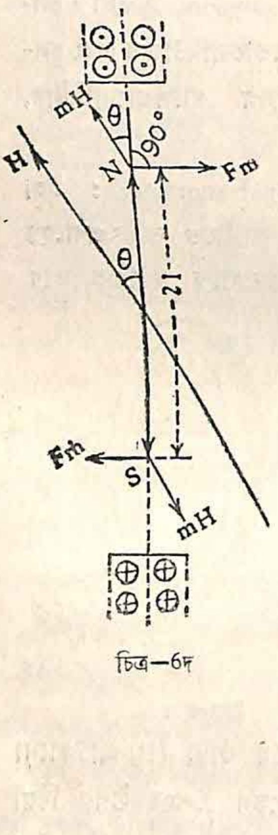
(i) **ট্যানজেণ্ট গ্যালভানোমিটার** (Tangent galvanometer): ইহা চলচুম্বক ধরনের গ্যালভানোমিটার এবং ইহার সাহায্যে কোন বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহের মাত্রা মাপা হয়। এই যন্ত্রে একটি উল্লম্ব কাঠামোর খাঁজে কয়েক পাক অন্তরিত তার জড়াইয়া উহার প্রান্তদ্বয়কে অনুভূমিক (T, T) পাটাতনে অবস্থিত দুইটি সংযোজক স্ক্রুর সহিত আটকানো হয় (চিত্র 6থ)। উল্লম্ব কাঠামোটি নীচের পাটাতনের উপর অবস্থিত এবং উহা একটি উল্লম্ব অক্ষে চারিদিকে ঘুরিতে পারে। উল্লম্ব কাঠামোটি কি পরিমাণ ঘুরিল তাহা অংশাঙ্কিত বৃত্তাকার স্কেল হইতে জানা যাইতে পারে। কাঠামো C-এর কেন্দ্রস্থলে একটি অনুভূমিক কাচের গোল পাত্রে একটি ছোট চুম্বকশলাকা (N-S) রাখা থাকে।



চিত্র—6থ

শলাকাটির সহিত সমকোণে একটি লম্বা, সরু অ্যালুমিনিয়াম কাঁটা (P) আটকানো থাকে এবং উহারা একসঙ্গে অনুভূমিক তলে বৃত্তাকার স্কেল B-এর উপর দিয়া বাধাহীনভাবে ঘুরিতে পারে। বৃত্তাকার স্কেল হইতে সূচক P-এর পাঠ লইয়া চুম্বকশলাকাটির অবস্থান নির্ণয় করা সম্ভব। পাঠ লইবার সময় যাহাতে লম্বন ত্রুটি (parallax error) না ঘটে সেইজন্য সূচক P-এর নীচে একটি বৃত্তাকার সমতল দর্পণ রাখা হয়। লেভেলিং স্ক্রু S, S-এর সাহায্যে নীচের পাটাতনটিকে অনুভূমিক করা যাইতে পারে।

ব্যবহারবিধি (Adjustment)ঃ ব্যবহারের পূর্বে লেভেলিং স্ক্রু সাহায্যে নীচের পাটাতনটিকে অনুভূমিক করিয়া উল্লম্ব কাঠামোটিকে চৌম্বক মধ্যতলে রাখিতে হইবে। এই অবস্থায় অ্যালুমিনিয়াম সূচকটির পাঠ (0°—0°) হইবে। এইবার তারের কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইলে চুম্বকশলাকাটি বিক্ষিপ্ত হইবে। বিক্ষেপের পরিমাণ θ° হইলে, তড়িৎপ্রবাহের মাত্রা এবং $\tan\theta$ পরস্পর সমানুপাতিক হইবে। সেইজন্য এই ধরনের গ্যালভানোমিটারকে ট্যানজেন্ট গ্যালভানোমিটার বলা হয়।



চিত্র—6দ

কার্যনীতি (Theory)ঃ r ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট n সংখ্যক পাকের ভিতর দিয়া i পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে, কুণ্ডলীর কেন্দ্রস্থলে সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রের পরিমাণ, $F=\frac{2\pi ni}{r}$ হইবে। চৌম্বক শলাকার মেরু শক্তি m হইলে, প্রত্যেকটি মেরুর উপর mF বল ক্রিয়া করিবে। এই বল দুইটি পরস্পর সমান্তরাল কিন্তু বিপরীতমুখী হইবে এবং তাহারা কুণ্ডলীর তলের সহিত সমকোণে থাকিবে (চিত্র 6দ)। বল দুইটি সমান, সমান্তরাল কিন্তু বিপরীতমুখী হওয়ায় তাহারা চুম্বক শলাকাটির উপর দ্বন্দ্ব (couple) হিসাবে কাজ করিবে। এই দ্বন্দ্বটি চুম্বকশলাকাটিকে কুণ্ডলী তলের সহিত সমকোণে রাখিতে চেষ্টা করিবে। চুম্বক শলাকার বিক্ষেপের পরিমাণ θ° হইলে, দ্বন্দ্বটির গুরুত্ব (moment),

$$=mF\times NQ$$
$$=mF\times NS\sin(90^\circ-\theta)$$
$$=mFNS\cos\theta.$$

চুম্বকশলাকাটি পৃথিবীর চৌম্বকক্ষেত্রে অবস্থিত হওয়ার জন্য ইহা শলাকাটিকে চৌম্বক মধ্যতলে ফিরাইয়া আনিতে চেষ্টা করিবে। ভূচৌম্বকত্বের অনুভূমিক প্রাবল্য H হইলে, শলাকাটির প্রত্যেকটি মেরুর উপর mH বল কাজ করিবে। তাহারা পরস্পর সমান, সমান্তরাল কিন্তু বিপরীতমুখী হওয়ার জন্য আর একটি দ্বন্দ্ব (couple) উৎপন্ন হইবে।

এই দ্বন্দ্বটির গুরুত্ব (moment)

$$= mH \times SQ = mH \times NS \cos (90^\circ - \theta)$$
$$= mH \times NS \sin \theta$$

শলাকাটির সাম্যাবস্থায় উপরোক্ত দণ্ড দুইটির গুরুত্ব সমান হইবে।

$$\therefore \quad mF \times NS \cos \theta = mH \times NS \sin \theta$$

বা, $F = H \tan \theta$ কিন্তু $F = 2\pi ni/r$

$$\therefore \quad i = \frac{H}{2\pi n/r} \tan \theta = \frac{H}{G} \tan \theta$$

এখানে $2\pi n/r = G$ ধরা হইল। যে কোন নির্দিষ্ট গ্যালভানোমিটারের ক্ষেত্রে, G একটি ধ্রুবক হইবে। সেইজন্য উহাকে **গ্যালভানোমিটার ধ্রুবক** (Galvanometer constant) বলা হয়।

আবার, $\frac{H}{G} = K$ ধরিলে আমরা পাই, $i = K \tan \theta$

K ধ্রুবকটিকে গ্যালভানোমিটারটির **নির্ণায়ক উৎপাদক** (reduction factor) বলা হয়। কোন নির্দিষ্ট স্থানে যে কোন গ্যালভানোমিটারের ক্ষেত্রে K-এর মান ধ্রুবক হইবে।

উপরোক্ত সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে তড়িৎপ্রবাহের মাত্রা এবং $\tan \theta$ পরস্পর সমানুপাতিক। সেইজন্য এই ধরনের গ্যালভানোমিটারকে **ট্যানজেণ্ট গ্যালভানোমিটার** বলা হয়।

মনে রাখিতে হইবে যে উপরোক্ত সমীকরণে তড়িৎপ্রবাহ তড়িচ্চুম্বকীয় এককে প্রকাশিত হইয়াছে। তড়িৎপ্রবাহ অ্যাম্পীয়ারে প্রকাশিত হইলে আমরা পাই, $I = 10\ K \tan \theta$ [$\because$ 10 অ্যাম্পীয়ার = 1 তড়িৎ-প্রবাহের তড়িচ্চুম্বকীয় একক।]

আমরা জানি, $\tan 0^\circ = 0$ এবং $\tan 90^\circ = \infty$ হয়। ফলে তারের কুণ্ডলী গলিয়া না গেলে এই ধরনের গ্যালভানোমিটারের সাহায্যে যে কোন মানের তড়িৎপ্রবাহ মাপা সম্ভব। কিন্তু, যন্ত্রটিকে সবচেয়ে সুবেদী করিতে হইলে, তড়িৎপ্রবাহের বিক্ষেপের পরিমাণ 45° হওয়া বাঞ্ছনীয়।

সাবধানতা (Precautions) :

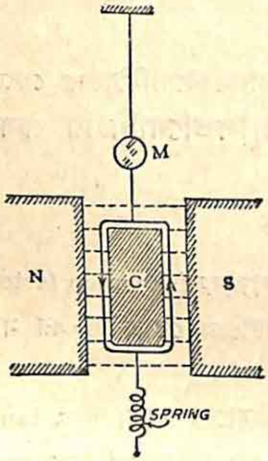
(i) চৌম্বক শলাকাটিকে দৈর্ঘ্যে খুব ছোট হইতে হইবে। নতুবা উহা সমচৌম্বক ক্ষেত্র (Uniform magnetic field)-এ অবস্থিত থাকিবে না।

(ii) উৎকেন্দ্রিক ত্রুটি দূর করার জন্য সূচকটির উভয় প্রান্তের পাঠ লওয়া উচিত।

(iii) কুণ্ডলী তলটি ঠিকমতো চৌম্বক মধ্যতলে না থাকিলে কিছু ত্রুটি দেখা

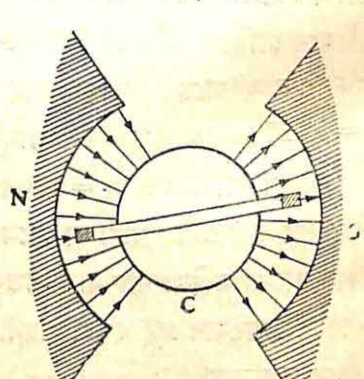
যাইবে। তাহা দূর করার জন্য তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ উল্টাইয়া দিয়া পরীক্ষাটি পুনরায় করা উচিত। উভয় ক্ষেত্রে প্রাপ্ত ফলকে গড় করিলে তড়িৎপ্রবাহের নির্ণেয় পরিমাণ পাওয়া যাইবে।

(ii) **ডি-আরসোন্‌ভ্যাল গ্যালভ্যানোমিটার বা ঝুলন্ত চলকুণ্ডলী গ্যালভ্যানোমিটার** (D'Arsonval or suspension type moving coil galvanometer): ডি-আরসোন্‌ভ্যাল এই যন্ত্রটি আবিষ্কার করেন। এই যন্ত্রে অ্যালুমিনিয়াম বা তামার আয়তাকার কাঠামোর উপর কয়েক পাক তামার অন্তরিত তার কুণ্ডলী আকারে থাকে। কাঠামোটিকে এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে উহা একটি স্থায়ী চুম্বকের মেরুদ্বয় N, S-এর অন্তর্বর্তী স্থানে উলম্ব অক্ষের চারিদিকে ঘুরিতে পারে (চিত্র 6ধ)। অন্তরিত তারের কুণ্ডলীকে ফস্‌ফোর ব্রোঞ্জের সরু তার অথবা পাতলা পাতের সাহায্যে ঝুলাইয়া রাখা হয় এবং কুণ্ডলীর নিম্নপ্রান্ত ফস্‌ফোর ব্রোঞ্জের তৈয়ারী একটি স্প্রীং-এর সহিত যুক্ত থাকে। ঝুলন রজ্জু অথবা স্প্রীং-এর ভিতর দিয়া কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ প্রবেশ করে এবং অন্যটির ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যায়।



চিত্র—6ধ

কাঠামোর ভিতরে নরম লোহার একটি চোঙ (C) এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে কাঠামোটি চোঙটিকে স্পর্শ না করিয়া চৌম্বক মেরুদ্বয়ের ফাঁকে অবাধে ঘুরিতে পারে। চোঙটি নরম লোহার বলিয়া চৌম্বক বল রেখাগুলি উহার ভিতর কেন্দ্রীভূত হয় এবং চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য বৃদ্ধি পায়। চুম্বকের মেরুদ্বয়ের মুখকে সমতল না করিয়া চোঙাকৃতি করা হয় (চিত্র 6ন)। ইহার ফলে চৌম্বক বল রেখাগুলি কুণ্ডলীর উল্লম্ব বাহুদ্বয়ের সহিত সর্বদা সমকোণে থাকিবে। ঝুলন রজ্জুতে একটি ছোট দর্পণ (M) আটকানো থাকে।



চিত্র—6ন

কার্যনীতি ঃ কোন পরিবাহীর ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহ ঘটিলে এবং উহাকে উল্লম্ব ভাবে কোন চৌম্বক ক্ষেত্রে রাখিলে পরিবাহীটির উপর বল ক্রিয়া করিবে। পরিবাহীর দৈর্ঘ্য l, প্রবাহ মাত্রা i এবং উল্লম্ব চৌম্বক ক্ষেত্র H হইলে পরিবাহীর উপর ক্রিয়মান বলের পরিমাণ Hil হইবে। ফ্লেমিংএর বামহস্ত সূত্র দ্বারা বলের অভিমুখ নির্ণয় করা সম্ভব।

আলোচ্য ক্ষেত্রে কুণ্ডলীর উল্লম্ব বাহু দুইটি চৌম্বক ক্ষেত্রের সহিত অভিলম্বে থাকে। কুণ্ডলীর পাক্ সংখ্যা N হইলে কুণ্ডলীর প্রত্যেকটি উল্লম্ব বাহুতে ক্রিয়মান বলের পরিমাণ, $F=NHil$ হইবে। কুণ্ডলীর বাহুদুইটিতে বলের পরিমাণ সমান হইবে কিন্তু বাহু দুইটিতে তড়িৎ প্রবাহ বিপরীত মুখী বলিয়া ক্রিয়মান বল দুইটি সমান কিন্তু বিপরীতমুখী হইবে। ইহার ফলে কুণ্ডলীর উপর একটি বিক্ষেপক দ্বন্দ্ব (deflecting couple) ক্রিয়া করে। কুণ্ডলীর প্রস্থ b এবং এই দ্বন্দ্বের ভ্রামক T_d হইলে,

$$T_d = F\times b = NHil\times b = NHiA$$

যেহেতু $l\times b = A =$ কুণ্ডলীর ক্ষেত্রফল।

কুণ্ডলীর অনুভূমিক তারগুলি চৌম্বক বলরেখার সহিত সমান্তরালে থাকে বলিয়া উহাদের উপর কোন বল ক্রিয়া করিবে না। বিক্ষেপক দ্বন্দ্বের জন্য কুণ্ডলীটি ঘুরিয়া যাইবে এবং ইহার ফলে ঝুলন রজ্জুটি মোচড় খাইবে এবং কুণ্ডলীটিকে ঘুরিতে বাধা প্রদান করিবে। ঝুলন রজ্জুতে মোচড়ের জন্য বিপরীত মুখী একটি নিয়ন্ত্রক (controlling) দ্বন্দ্বের সৃষ্টি হইবে এবং বিক্ষেপের সহিত এই দ্বন্দ্বের পরিমাণ (T_c) বাড়িয়া যাইবে। সাম্যাবস্থায় বিক্ষেপের পরিমাণ θ ধরা হইল।

সেক্ষেত্রে, $T_c = C\theta$ যেখানে C একটি ধ্রুবক।

সাম্যাবস্থায় বিক্ষেপক-দ্বন্দ্ব এবং নিয়ন্ত্রক দ্বন্দ্ব পরস্পর সমান হইবে।

$$\therefore\ T_c \text{ বা, } NHiA = C\theta$$

$$\text{বা, }\ i=\frac{C}{NHA}\theta = k\theta \text{ যেখানে } k=\frac{C}{NHA}= \text{ধ্রুবক।}$$

বা, $i\propto\theta$

সুতরাং তড়িতের প্রবাহ-মাত্রা গ্যালভ্যানোমিটারের বিক্ষেপ কোণের সহিত সমানুপাতিক।

বাতি ও স্কেল-ব্যবস্থা (lamp and scale arrangement) অবলম্বন করিয়া বিক্ষেপ-কোণ মাপা হয়। এই ব্যবস্থার সাহায্যে আয়নার উপর সরু আলোকরশ্মি আপতিত করা হয়। কুণ্ডলীটি θ কোণে ঘুরিলে প্রতিফলিত রশ্মি 2θ কোণে ঘুরিয়া যাইবে।

সুবেদীত্ব (Sensitiveness) : নির্দিষ্ট প্রবাহ-মাত্রার জন্য বিক্ষেপ বেশী হইলে যন্ত্রটি বেশী সুবেদী হইবে। আমরা জানি, $i = k\theta = \frac{C}{NAH}\theta$.

সুতরাং, C-এর মান কম হইলে এবং N, A এবং H-এর মান বেশী হইলে যন্ত্রটি সুবেদী হইবে। ফস্‌ফারব্রঞ্জের প্রসার্য শক্তি (tensile strain) বেশী হইলেও C-এর মান কম। এই কারণে ঝুলনের ফস্‌ফারব্রোঞ্জ ব্যবহার করা হয়। N এবং A-কে বেশী বাড়ানো সম্ভব হয় না; কারণ সেক্ষেত্রে যন্ত্রটির ভর, আয়তন ও রোধও বাড়িয়া যাইবে। H-এর মান বাড়িলে যন্ত্রটি সুবেদী হইবে। সেইজন্য চৌম্বকক্ষেত্রকে খুব জোরালো করা হয়। এই যন্ত্র খুব সুবেদী বলিয়া ইহার সাহায্যে খুব কম পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহ (10^{-9} অ্যাম্পীয়ার) মাপা যায়। তড়িৎপ্রবাহ বেশী হইলে উপযুক্ত সাণ্ট ব্যবহার করিতে হইবে।

সুবিধা (Advantages) : (i) এই যন্ত্রে কোন চৌম্বকশলাকা ব্যবহৃত হয় না। সেইজন্য ইহার উপর ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের কোন প্রভাব নাই এবং পরীক্ষার সময় যন্ত্রটিকে যে কোন অবস্থানে রাখা যায়।

(ii) এই যন্ত্রের চৌম্বকক্ষেত্র খুব জোরালো বলিয়া বাহিরের কোন চৌম্বকক্ষেত্র উহাকে বিশেষ প্রভাবিত করিতে পারে না।

(iii) এই যন্ত্রের সাহায্যে খুব ক্ষীণ তড়িৎপ্রবাহ মাপা সম্ভব।

(iv) এই যন্ত্রে বিক্ষেপের পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহের সমানুপাতিক। সেইজন্য তড়িৎপ্রবাহ মাপিবার জন্য যে অংশাঙ্কিত স্কেল ব্যবহার করা হয় তাহা সুষম হইয়া থাকে।

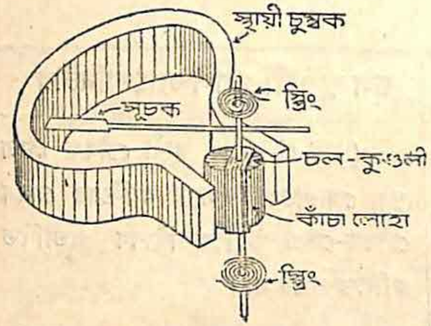
(v) তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইলে যন্ত্রটি বিক্ষিপ্ত হয়। তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ করিলে যন্ত্রটি সাম্য অবস্থানে আসিতে চেষ্টা করে এবং দুলিতে থাকে। উপযুক্ত ব্যবস্থা অবলম্বন করিলে ইহাকে সহজেই সাম্য অবস্থানে ফিরাইয়া আনা যায়।

6-13. চল-চুম্বক ও চল-কুণ্ডলী গ্যালভ্যানোমিটারের তুলনা (Comparison between moving magnet and moving coil galvanometer) :

চল-চুম্বক গ্যালভ্যানোমিটার	চল-কুণ্ডলী গ্যালভ্যানোমিটার
(i) এই যন্ত্রে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্র নিয়ন্ত্রক ক্ষেত্র হিসাবে কাজ করে। ইহার প্রাবল্য কম বলিয়া বাহিরের কোন চৌম্বকক্ষেত্র ইহাকে প্রভাবিত করিতে পারে।	(i) এই যন্ত্রের স্থায়ী চৌম্বক ক্ষেত্র খুব জোরালো বলিয়া বাহিরের কোন চৌম্বক-ক্ষেত্র উহাকে বিশেষ প্রভাবিত করিতে পারে না।
(ii) ব্যবহারের সময় যন্ত্রটিকে চৌম্বক মধ্যতলে রাখিতে হয়।	(ii) ব্যবহারের সময় গ্যালভ্যানোমিটারটিকে যে কোন অবস্থানে রাখা যায়।
(iii) কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহের জন্য যে চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয় তাহা বিক্ষেপক বল এবং ভূ-চৌম্বকক্ষেত্র নিয়ন্ত্রক বল হিসাবে কাজ করে।	(iii) এই যন্ত্রে স্থায়ী চৌম্বক-ক্ষেত্রের জন্য বিক্ষেপক বল এবং ঝুলন রজ্জুর জন্য নিয়ন্ত্রক বল কাজ করে।
(iv) চুম্বক শলাকাটি স্থির অবস্থানে আসিতে বেশ কিছু সময় নেয়।	(iv) উপযুক্ত ব্যবস্থা অবলম্বন করিয়া কুণ্ডলীটিকে তাড়াতাড়ি স্থির অবস্থানে আনা যায়।
(v) এই যন্ত্রের সাহায্যে 10^{-5} অ্যাম্পীয়ারের কম তড়িৎপ্রবাহ মাপা যায় না।	(v) এই যন্ত্রের সাহায্যে 10^{-9} অ্যাম্পীয়ার পর্যন্ত তড়িৎপ্রবাহ মাপা যায়।
(vi) নির্ণায়ক উৎপাদকের মান (H/G) পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন হইবে।	(vi) এই যন্ত্রের ধ্রুবকের মান বিভিন্ন স্থানে একই হইবে।

6-14. নির্দেশক কাঁটা জাতীয় চলকুণ্ডলী গ্যালভানোমিটার (Moving coil galvanometer with pointer) : এই যন্ত্রে অ্যালুমিনিয়াম বা তামার

আয়তাকার কাঠামোর উপর কয়েক পাক তামার অন্তরিত তার কুণ্ডলীআকারে থাকে (চিত্র 6প)। কাঠামোটিকে এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে উহা একটি স্থায়ী চুম্বকের মেরুদ্বয়ের অন্তর্বর্তী স্থানে একটি উলম্ব-অক্ষের চারিদিকে ঘুরিতে পারে। কাঠামোর সহিত একটি হাল্কা সূচক দৃঢভাবে আটকান থাকে। কাঠামোটি কোন কারণে ঘুরিয়া গেলে সূচকটিও ঘুরিয়া যাইবে। ঘূর্ণনের পরিমাণ একটি অংশাঙ্কিত বৃত্তাকার স্কেল (চিত্রে দেখান হয় নাই) হইতে পাওয়া যাইবে। কাঠামোটির উপরে এবং



চিত্র—6প

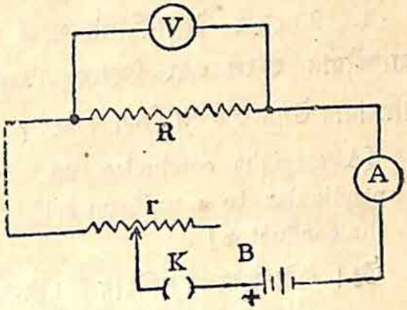
নীচে দুইটি স্প্রিং লাগান থাকে। ইহাদের একটির ভিতরদিয়া তড়িৎপ্রবাহ কুণ্ডলীতে প্রবেশ করে এবং অপরটি দিয়া বাহির হইয়া যায়। চৌম্বক-ক্ষেত্রের কুণ্ডলীটির ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহের ফলে কুণ্ডলীর উপর একটি দ্বন্দ্ব (couple) ক্রিয়া করিবে। ইহার ফলে সূচকটির বিক্ষেপ ঘটিবে। তড়িৎপ্রবাহ বেশী হইলে বিক্ষেপের পরিমাণও বেশী হইবে। এই ধরনের গ্যালভানোমিটারে বিক্ষেপের পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহের সহিত সমানুপাতিক হইবে।

6-15. অ্যাম্‌মিটার এবং ভোল্টমিটার (Ammeters and Voltmeters): কোন বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহ মাপিবার জন্য অ্যামমিটার ও বিভবপ্রভেদ মাপিবার জন্য ভোল্টমিটার ব্যবহৃত হয়। চলকুণ্ডলী গ্যালভানোমিটারের কার্যনীতির উপর উভয় যন্ত্রই নির্ভর করে। যে কোন বর্তনীতে অ্যাম্‌মিটার শ্রেণী সমবায়ে সংযুক্ত থাকে। সুতরাং ইহার রোধ **খুব কম** হওয়া উচিত। কিন্তু কোন বর্তনীতে ভোল্টমিটার সমান্তরাল সমবায়ে ব্যবহৃত হয়। সেইজন্য ইহার রোধ উচ্চমান বিশিষ্ট এবং ইহার ভিতরে তড়িৎপ্রবাহের মাত্রা খুব কম হইয়া থাকে।

ব্যবহারিক ধরনের উপর নির্ভর করিয়া অ্যাম্‌মিটার ও ভোল্টমিটার বিভিন্ন প্রকারের উপর নির্ভর করে।

6-16. বর্তনীতে অ্যাম্‌মিটার ও ভোল্টমিটার (Ammeter and Voltmeter in a circuit): কোন বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহ মাপিবার জন্য অ্যাম্‌মিটারকে **শ্রেণী সমবায়ে** সংযুক্ত করা হইবে। কিন্তু বিভব প্রভেদ মাপিবার জন্য

ভোল্টমিটারকে **সমান্তরাল সমবায়ে** ব্যবহার করিতে হইবে। বর্তনীতে কি ভাবে অ্যাম্‌মিটার ও ভোল্টমিটার লাগানো উচিত তাহা (6ক নং চিত্রে) দেখানো হইয়াছে। এখানে A একটি অ্যাম্‌মিটার এবং V একটি ভোল্টমিটার। বর্তনীটিতে দুইটি কোষ, একটি চাবি K, পরিবর্তনীয় রোধ r এবং আরেকটি রোধ R দেখানো হইয়াছে। অ্যাম্‌মিটারের পাঠ হইতে বর্তনীর তড়িৎপ্রবাহ এবং ভোল্টমিটারের পাঠ হইতে রোধ R-এর বিভবপ্রভেদ জানা যাইবে।



চিত্র—6ক

6-17. অ্যামমিটার ও ভোল্টমিটারের তুলনা (Distinction between Ammeter and voltmeter) :

অ্যামমিটার	ভোল্টমিটার
(i) কোন বর্তনীতে তড়িৎ-প্রবাহ মাপিবার জন্য অ্যামমিটার ব্যবহৃত হয়।	(i) কোন বর্তনীর দুই বিন্দুর ভিতর বিভব-প্রভেদ মাপিবার জন্য ভোল্টমিটার ব্যবহৃত হয়।
(ii) অ্যামমিটার বর্তনীর সহিত শ্রেণী সমবায়ে সংযুক্ত থাকে বলিয়া উহার রোধ খুব কম হওয়া উচিত।	(ii) যে কোন বর্তনীতে ভোল্ট-মিটার সমান্তরাল সমবায়ে থাকে বলিয়া উহার রোধ উচ্চ মান বিশিষ্ট হওয়া উচিত।
(iii) শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত অ্যাম-মিটারের রোধ খুব কম বলিয়া মূল বর্তনীতে তড়িৎ-প্রবাহের বিশেষ কোন পরিবর্তন ঘটে না।	(iii) সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত ভোল্টমিটারের রোধ খুব বেশী বলিয়া ইহার ভিতরে তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা খুব কম থাকে এবং মূল বর্তনীর তড়িৎ-প্রবাহের বিশেষ পরিবর্তন ঘটে না।

উদাহরণ

1. 25 সেমি. দৈর্ঘ্য-বিশিষ্ট সরল পরিবাহীর ভিতর দিয়া প্রবাহ মাত্রা 100 অ্যাম্পীয়ার হইলে এবং উহাকে 5000 গস শক্তি-বিশিষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রে রাখিলে পরিবাহীর উপর কত বল ক্রিয়া করিবে ?

[A straight conductor 25 cm. long carries 100 ampers and lies perpendicular to a uniform field of 5000 gauss. Find the force acting on the conductor]

উঃ। নির্ণেয় বলের পরিমাণ F হইলে,

$$F=\frac{HIl}{10} \text{ ডাইন}=\frac{5000\times100\times25}{10}$$

$$=1\cdot25\times10^{6} \text{ ডাইন।}$$

2. কোন ট্যানজেণ্ট গ্যালভ্যানোমিটারে তড়িৎপ্রবাহ 10 অ্যাম্পীয়ার হইলে বিক্ষেপের পরিমাণ 45° হয়। ঐ গ্যালভ্যানোমিটারে বিক্ষেপ 30° হইলে তড়িৎপ্রবাহ কত হইবে ?

[A current of 10 amperes produces a deflection of 45° in a tangent galvanometer. What is the value of the current which will produce a deflection of 30° in the same galvanometer ?]

উঃ। আমরা জানি, $I=10\,K\tan\theta$

এখানে, $I=10$; $\theta=45^\circ$

$\therefore\ 10K\tan45^\circ=10K.$ বা, $K=1.$

সুতরাং, 30° বিক্ষেপের জন্য তড়িৎপ্রবাহ I অ্যাম্পীয়ার হইলে,

$$I=10K\tan30^\circ=10\times1\times\frac{1}{\sqrt{3}}=5\cdot77 \text{ অ্যাম্পীয়ার।}$$

3. কোন ট্যানজেণ্ট গ্যালভ্যানোমিটারের গড় ব্যাসার্দ্ধ 10 সেমি. এবং কুণ্ডলীর পাক-সংখ্যা 100 এবং বিক্ষেপের পরিমাণ 60° হইলে তড়িৎ-প্রবাহ নির্ণয় কর।

[$H=0\ 37$; $\tan60^\circ=1\ 7321$]

[A tangent galvanometer has 100 turns. their mean radius being 10 cm. Calculate the current in amperes when the deflection is 60°. ($H=0\cdot37$; $\tan60^\circ=1\cdot7321$)] [C. U.]

উঃ। এখানে, $H=0\cdot37$; $n=100$; $r=10$ সেমি. এবং $\theta=60^\circ$.

আমরা জানি, $I = 10 \times \frac{Hr}{2\pi n} \tan\theta$

$$= \frac{10 \times 0{\cdot}37 \times 10 \times 7}{2 \times 22 \times 100} \tan 60^\circ$$

$$= \frac{{\cdot}37 \times 7 \times 10 \times 10 \times 1{\cdot}7321}{2 \times 22 \times 100} = {\cdot}102 \text{ অ্যাম্পীয়ার}$$

4. নির্দিষ্ট স্থানে নির্দিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের জন্য দুইটি ট্যানজেন্ট গ্যালভ্যানোমিটারের বিক্ষেপ সমান। একটির গড় ব্যাসার্ধ 10 সেমি. এবং কুণ্ডলীর পাক-সংখ্যা 100। অপরটির কুণ্ডলীর পাক-সংখ্যা 75 হইলে গড় ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর।

[At a given place, the deflections in two galvanometers are the same when the same current flows through them. The first galvanometer has 100 turns, their mean radius being 10 cms. If the no. of turns of the second galvanometer be 75, then find out its mean radius]

উঃ। গ্যালভ্যানোমিটার দুইটির কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা যথাক্রমে n_1 ও n_2 এবং গড় ব্যাসার্ধ r_1 ও r_2 হইলে প্রদত্ত সর্তানুযায়ী,

$$I = 10 \times \frac{Hr_1}{2\pi n_1} \tan\theta = 10 \times \frac{Hr_2}{2\pi n_2} . \tan\theta$$

বা, $\frac{r_1}{n_1} = \frac{r_2}{n_2}$ বা, $r_2 = \frac{r_1 n_2}{n_1} = \frac{10 \times 75}{100} = 7{\cdot}5$ সেমি.

প্রশ্নাবলী

1. তড়িৎপ্রবাহের চৌম্বক ক্রিয়া বলিতে কি বুঝ? কোন পরীক্ষার সাহায্যে ইহা প্রতিপন্ন কর। তড়িৎপ্রবাহের জন্য উদ্ভূত চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখ কিরূপে নির্ণয় করিবে? [What do you mean by the magnetic effect of a current? Describe an experiment to demonstrate it. How will you find the direction of the magnetic field produced due to an electric current?]

2. খাড়া অবলম্বনের উপর একটি ছোট চুম্বক শলাকা রাখা আছে। তড়িৎবাহী কোন তারকে শলাকাটির উপরে (a) অক্ষ বরাবর এবং (b) সমকোণে রাখিলে চুম্বক শলাকাটির অবস্থান কিরূপ হইবে তাহা ব্যাখ্যা কর। তড়িৎপ্রবাহের (a) পরিমাণ বাড়াইলে এবং (b) অভিমুখ বিপরীত করিলে কি ফল হইবে তাহা কারণ সহ লিখ। [A small magnetic needle is suspended on a vertical pivot. How would it place itself and why, when a wire carrying current is held

horizontally (a) along, (b) perpendicular to the magnetic needle about its centre ? Explain the effects observed. When the current is (a) increased in intensity, (b) reversed in direction, What will be the effect ? Why ?]

3. নিম্নলিখিত আকারের তড়িৎপ্রবাহের জন্য কি ধরনের চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি হইবে তাহা লিখ : (i) ঋজুপরিবাহী, (ii) বৃত্তাকার পরিবাহী এবং (iii) সলিনয়েড। [Describe the nature of magnetic field due to current carrying conductor of following shape : (i) a straight conductor, (ii) a circular wire and (iii) solenoid.]

4. ডি. লা. রিভের ভাসমান ব্যাটারীর বর্ণনা এবং কার্যনীতি লিখ। [Describe the construction and working principle of a De. La. Rive's floating battery.]

5. তড়িচ্চুম্বকের বর্ণনা দাও এবং উহার ব্যবহার লিখ। তড়িচ্চুম্বক এবং স্থায়ী চুম্বকের মধ্যে পার্থক্য কি ? [Describe an electromagnet and state its uses. Distinguish between an electromagnet and a permanent magnet.]

6. তড়িৎপ্রবাহের চৌম্বক ক্রিয়ার ব্যাপারে ল্যাপলাসের সূত্র লিখ। তড়িৎপ্রবাহের তড়িচ্চুম্বকীয় একক কাহাকে বলে ? তড়িচ্চুম্বকীয় এককের সহিত ব্যবহারিক এককের সম্পর্ক লিখ। [State Laplace's law in connection with magnetic effect of current. Define an electromagnetic unit of current and state its relationship with the practical unit.]

7. তড়িৎবাহী পরিবাহীর উপর চৌম্বকক্ষেত্রের প্রভাব কি হইবে ? ফ্লেমিং-এর বামহস্ত সূত্র লিখ। কয়েকটি পরীক্ষার সাহায্যে উহাদের আলোচনা কর। [What is the effect of magnetic field on a conductor carrying current ? State Fleming's left hand rule. Illustrate them with a few examples.]

8. বার্লোচক্রের বর্ণনা দাও এবং উহার কার্যনীতি ব্যাখ্যা কর। তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ বাড়াইলে অথবা উহার অভিমুখ পরিবর্তিত করিলে চক্রটির গতি কিরূপ হইবে ? [Describe a Barlow's wheel and explain its working principle. Discuss the effect on the motion of the wheel when the current is increased or it is reversed.]

9. দুইটি পরিবাহীর পারস্পরিক ক্রিয়া কি হইবে ? পরিবাহী দুইটির গতির অভিমুখ কিরূপে নির্ণয় করিবে। রজেটের কম্পমান কুণ্ডলীর বর্ণনা দাও এবং কার্যনীতি ব্যাখ্যা কর। [What will be the action between two conductors carrying current ? State the laws to determine the direction of motion of the two conductors. Describe and explain the principle of a Roget's vibrating spiral.]

10. গ্যালভ্যানোমিটার কাহাকে বলে ? ট্যানজেন্ট গ্যালভ্যানোমিটারের বর্ণনা দাও এবং কার্যনীতি ব্যাখ্যা কর। [What is a galvanometer ? Describe and explain the action of a tangent galvanometer.]

11. ট্যানজেন্ট গ্যালভ্যানোমিটারের বর্ণনা দাও এবং উহার কার্যকর সমীকরণ নির্ণয় কর। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি ঘটিবে তাহা আলোচনা কর : (a) কুণ্ডলীতল যদি চৌম্বক মধ্যতলে না থাকে, (b) কুণ্ডলীতল

যদি উল্লম্ব না হয় এবং (c) যদি চৌম্বক শলাকাটি ছোট না হয়। [Describe a tangent galvanometer and deduce its equation. What happens (a) if the plane of the coil is not in the magnetic meridian, (b) if the plane of the coil is not vertical and (c) if the magnetic needle is not small.]

12. ঝুলন্ত চলকুণ্ডলী গ্যালভ্যানোমিটারের বর্ণনা দাও এবং উহার কার্যনীতি ব্যাখ্যা কর। প্রমাণ কর যে, তড়িতের প্রবাহের মাত্রা গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপকোণের সহিত সমানুপাতিক হইবে। [Describe and explain the working principle of a suspended type moving coil galvanometer. Prove that the current is proportional to the angle of deflection of the galvanometer.]

13. ডি-আরসোনভ্যাল গ্যালভ্যানোমিটারের বর্ণনা দাও এবং উহার কার্যকর সূত্রটি নির্ণয় কর। এই ধরনের গ্যালভ্যানোমিটার ব্যবহারের সুবিধা কি কি? Describe a D' Arsonval galvanometer and deduce its working formula. What are the advantages of using such a galvanometer ?]

14. ঝুলন্ত চল-কুণ্ডলী গ্যালভ্যানোমিটারের সুবেদীত্ব কিসের উপর নির্ভরশীল? চল-চুম্বক ও চল-কুণ্ডলী গ্যালভ্যানোমিটারের তুলনা লিখ। [On what factors do the sensitiveness of a suspended type moving coil galvanometer depend. Compare a moving magnet galvancmeter with a moving cvil galvanometer.]

15. নির্দেশক কাঁটা জাতীয় চল-কুণ্ডলী গ্যালভানোমিটারের বর্ণনা দাও। [Describe a moving coil galvanometer with pointer.]

16. অ্যাম্‌মিটার এবং ভোল্টমিটার কি কাজে ব্যবহৃত হয়। কোন্ বর্তনীতে অ্যাম্‌মিটার এবং ভোল্টমিটার কিরূপে যুক্ত করিবে? অ্যাম্‌মিটার এবং ভোল্টমিটারের তুলনা লিখ। [What are the uses of Ammeters and voltmeters. How will you connect an Ammeter and a voltmeter in a circuit ? Distinguish between an Ammeter and a voltmeter.]

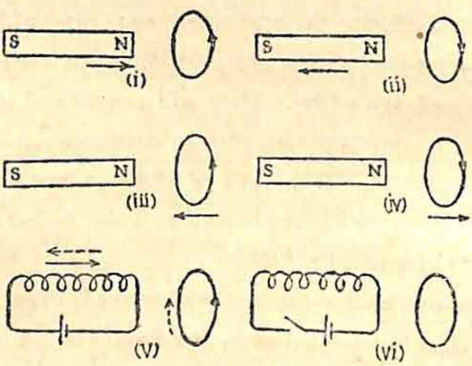
17. কোন ট্যানজেন্ট গ্যালভ্যানোমিটারের বিক্ষেপ 45° হইলে অ্যাম্পীয়ারে তড়িৎপ্রবাহ নির্ণয় কর। (মনে কর, $K = \cdot 046$)। [Find the current in ampere if the deflection of a tangent galvanometer be 45° ? (assume $K = 046$).] [Ans. ·46A.]

18. The circular coil of a tangent galvanometer is 10 cm. in radius. How many turns of wire must be wounded on it, if a current of 0·01 amp. is to produce a deflection cf 45° ? (Given $H = 0{\cdot}18$ c.g.s. unit).] [Ans. 287]

সপ্তম অধ্যায়
তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ
(Electro-magnetic Induction)

7-1. তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ (Electro-magnetic Induction) : 1831 খ্রীষ্টাব্দে ফ্যারাডে পরীক্ষার সাহায্যে দেখিতে পান যে কোন চুম্বককে একটি বদ্ধকুণ্ডলীর দিকে আনিতে থাকিলে কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ ঘটিতে থাকিবে। চুম্বকটি যতক্ষণ গতিসম্পন্ন থাকিবে, তড়িৎপ্রবাহও ততক্ষণ ঘটিবে। কুণ্ডলী হইতে চুম্বকটিকে দূরে সরাইতে থাকিলেও কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ ঘটিবে। কিন্তু এই ক্ষেত্রে প্রবাহের অভিমুখ বিপরীত দিকে হইবে। [চিত্র 7 ক (i) এবং (ii)]। চুম্বক বা তজ্জাতীয় কোন বস্তুর সাহায্যে কোন বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট করার ঘটনাকে **তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ** বলা হয়। এইভাবে উৎপন্ন তড়িৎপ্রবাহকে **আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহ** (induced current) বলা হইয়া থাকে।

চুম্বকটিকে স্থির রাখিয়া কুণ্ডলীটিকে চুম্বকের দিকে আনিতে থাকিলেও কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ ঘটিতে থাকিবে। কুণ্ডলীটিকে চুম্বক হইতে দূরে সরাইতে থাকিলেও



চিত্র—7ক

কুণ্ডলীটিতে তড়িৎ প্রবাহ ঘটিবে। কিন্তু এই ক্ষেত্রে তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ বিপরীত হইবে [চিত্র 7 ক (iii) এবং (iv)]।

তড়িৎবাহী কোন সলিনয়েডকে কুণ্ডলীটির নিকটে আনিলে বা উহা হইতে দূরে সরাইতে থাকিলেও কুণ্ডলীটিতে তড়িৎপ্রবাহ ঘটিতে থাকিবে [চিত্র 7ক (v)]।

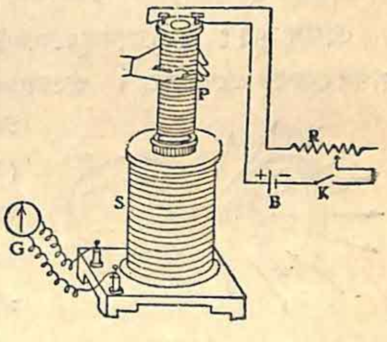
সলিনয়েডটিকে স্থির রাখিয়া কুণ্ডলীটিকে উহার দিকে আনিলে বা উহা হইতে সরাইতে থাকিলেও একই ঘটনা ঘটিবে।

[7-ক (vi)] নং চিত্রের বর্তনীতে একটি কোষ, একটি টেপা চাবি এবং একটি সলিনয়েড আছে। তাহার পাশে একটি তারের বদ্ধকুণ্ডলী আছে। টেপা চাবির সাহায্যে সলিনয়েড বর্তনীটিকে সংহত করিলে কুণ্ডলীটিতে সাময়িকভাবে তড়িৎপ্রবাহ ঘটিবে। সলিনয়েড বর্তনীটিকে বিচ্ছিন্ন করিলেও কুণ্ডলীটিতে সাময়িক তড়িৎপ্রবাহ ঘটিবে ; কিন্তু ইহার অভিমুখ বিপরীত দিকে হইবে।

এই ভাবে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহ ক্ষণস্থায়ী ধরনের। যতক্ষণ চুম্বক বা তজ্জাতীয় বস্তু এবং কুণ্ডলীর ভিতর আপেক্ষিক গতি (Relative motion) বর্তমান থাকিবে ততক্ষণ তড়িৎপ্রবাহ ঘটিতে থাকিবে। তাহাদের আপেক্ষিক গতির হারের উপর আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ নির্ভর করিবে।

পরীক্ষার সাহায্যে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহ দেখানোর জন্য দুইটি সলিনয়েড P এবং S লওয়া হইল।

সলিনয়েড P-এর বর্তনীতে একটি কোষ, একটি পরিবর্তনীয় রোধ R এবং একটি চাবি K আছে। সলিনয়েড S-এর প্রান্ত-দ্বয়কে একটি সুবেদী গ্যালভানোমিটারের সহিত যুক্ত করা হয় (চিত্র 7খ)। সলিনয়েড P-কে মুখ্য কুণ্ডলী (Primary coil) এবং S-কে গৌণ কুণ্ডলী (Secondary coil) বলা হয়। চাবিটির সাহায্যে বর্তনীকে সংহত করিলে মুখ্য কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ ঘটিবে। এক্ষণে ইহাকে গৌণ কুণ্ডলীর ভিতর ঢুকাইলে দেখা যাইবে যে গ্যালভানোমিটারটির বিক্ষেপ ঘটিতেছে। ইহা প্রমাণ করে যে গৌণ কুণ্ডলীটিতে তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হইয়াছে। যতক্ষণ মুখ্য কুণ্ডলীটি গৌণ কুণ্ডলীটির ভিতর ঢুকিতে থাকিবে ততক্ষণ তড়িৎপ্রবাহ ঘটিবে। গৌণ কুণ্ডলী হইতে মুখ্য কুণ্ডলীটিকে বাহিরে আনার সময়েও গ্যালভানোমিটারটির বিক্ষেপ ঘটিবে ; কিন্তু এইক্ষেত্রে বিক্ষেপের অভিমুখ বিপরীত হইবে। মুখ্য কুণ্ডলীটিকে তাড়াতাড়ি ঢুকাইলে তাড়াতাড়ি বাহির করিলে বিক্ষেপ বাড়িয়া যাইবে।



চিত্র—7খ

মুখ্য কুণ্ডলীকে গৌণ কুণ্ডলীর বাহিরে রাখিয়া বর্তনীটি বিচ্ছিন্ন করিলে দেখা যাইবে যে গ্যালভানোমিটারের সাময়িক বিক্ষেপ ঘটিতেছে। বর্তনীটিতে সংহত করিলেও গ্যানভানোমিটারের সাময়িক বিক্ষেপ ঘটিবে। কিন্তু বিক্ষেপ বিপরীত দিকে হইবে।

বর্তনী সহ মুখ্য কুণ্ডলীর পরিবর্তে একটি স্থায়ী চুম্বকের সাহায্যেও পরীক্ষাটি করা সম্ভব। এই ক্ষেত্রে চুম্বকের জন্য তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হইবে।

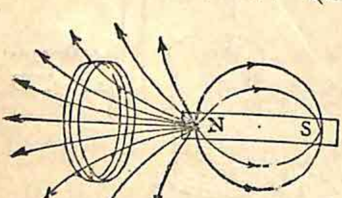
7-2. ফ্যারাডের তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের সূত্রাবলী (Faraday's laws of electro magnetic Induction) : পরীক্ষার সাহায্যে ফ্যারাডে নিম্নলিখিত সূত্র দুইটি আবিষ্কার করেন :

প্রথম সূত্র : কোন কুণ্ডলীতে সংশ্লিষ্ট চৌম্বক বলরেখা পরিবর্তিত হইলে কুণ্ডলীটিতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের সৃষ্টি হইবে।

দ্বিতীয় সূত্র : আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ কুণ্ডলীতে সংশ্লিষ্ট চৌম্বকবলরেখার পরিবর্তনের হারের সমানুপাতিত হইবে।

7-3. সূত্রদ্বয়ের ব্যাখ্যা (Explanation of the two laws) :

প্রথম সূত্র : যে কোন চুম্বকের উত্তর মেরু হইতে বলরেখা বাহির হয় এবং দক্ষিণ মেরুতে প্রবেশ করে। সুতরাং একটি চুম্বকের নিকটে কোন কুণ্ডলীকে রাখিলে ইহার সহিত কতকগুলি বলরেখা সংশ্লিষ্ট হইবে (চিত্র 7গ)। চুম্বকটিকে কুণ্ডলীর দিকে আগাইয়া আনিলে কুণ্ডলীর সহিত সংশ্লিষ্ট বলরেখাগুলির সংখ্যা বৃদ্ধি পাইবে। কুণ্ডলীর সহিত সংশ্লিষ্ট বলরেখা পরিবর্তিত হওয়ার জন্য উহাতে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হইবে। কুণ্ডলী হইতে চুম্বকটিকে দূরে সরাইতে থাকিলে কুণ্ডলীর সহিত সংশ্লিষ্ট বলরেখার সংখ্যা কমিয়া যাইবে। ফলে এক্ষেত্রেও তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হইবে। 7ক নং চিত্রের ঘটনাগুলিকেও এইভাবে ব্যাখ্যা করা যাইতে পারে।



চিত্র—7গ

দ্বিতীয় সূত্র : ধর কোন নির্দিষ্ট মুহূর্তে কোন কুণ্ডলীতে সংশ্লিষ্ট বলরেখার পমিমাণ N_1 হইল। t সময় পরে উহা N_2 হইলে কুণ্ডলীতে সংশ্লিষ্ট বলরেখার

পরিবর্তনের হার, $\frac{N_2 - N_1}{t}$ হইবে। আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল e হইলে ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে আমরা পাই,

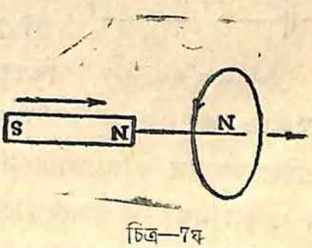
$$e \propto \frac{N_2 - N_1}{t}.$$

সুতরাং সংশ্লিষ্ট বলরেখার নির্দিষ্ট পরিবর্তন অল্প সময়ের ভিতরে সংঘটিত হইলে, আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ বেশী হইবে। সুতরাং উপরোক্ত চুম্বকটিকে খুব তাড়াতাড়ি কুণ্ডলীর দিকে আগাইয়া আনিলে বেশী পরিমাণ তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হইবে।

7-4. লেঞ্জের সূত্র (Lenz's law) : এই সূত্রের সাহায্যে তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের ফলে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ নির্ণয় করা সম্ভব। ইহাকে অনেক সময় তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের তৃতীয় সূত্র নামেও অভিহিত করা হয়। সূত্রটি নিম্নরূপ :

তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের জন্য আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখ এমন হইবে যে উহা আবেশের কারণকে বাধা প্রদান করিবে।

কোন চুম্বকের উত্তর মেরুকে একটি কুণ্ডলীর দিকে আনিতে থাকিলে কুণ্ডলীটিতে তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হইবে। কুণ্ডলীর দিকে উত্তর মেরুর আগমনকে আবেশের কারণ হিসাবে বলা যাইতে পারে। সুতরাং কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ এমন হইবে যাহার ফলে কুণ্ডলীর দিকে উত্তর মেরুটির আগমন বাধা পাইবে। ইহা সম্ভব করিতে হইলে চুম্বকটির দিকে অবস্থিত কুণ্ডলীপ্রান্তকে উত্তরমেরু হিসাবে আচরণ করিতে হইবে। সুতরাং চুম্বক হইতে কুণ্ডলীর দিকে তাকাইলে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ বামাবর্তী (anticlock-wise হইবে (চিত্র 7ঘ)।

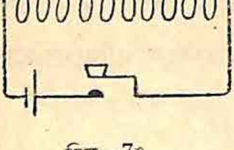


চিত্র—7ঘ

চুম্বকটি দূরে সরিতে থাকিলে কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহ চুম্বকটির চলিয়া যাওয়াকে বাধা প্রদান করিবে। সে ক্ষেত্রে চুম্বকের দিকে অবস্থিত কুণ্ডলী প্রান্তকে দক্ষিণ মেরু হিসাবে কাজ করিতে হইবে। সুতরাং সেক্ষেত্রে চুম্বক হইতে কুণ্ডলীর দিকে তাকাইলে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ দক্ষিণাবর্তী (clock-wise) বলিয়া

মনে হইবে। অন্যান্য ক্ষেত্রে অনুরূপ ভাবে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ নির্ণয় করা সম্ভব। শক্তির সংরক্ষণ নীতির সাহায্যে লেঞ্জের সূত্র প্রমাণ করা যাইতে পারে। 7খ নং চিত্রে চুম্বকটির উত্তরমেরুকে কুণ্ডলীটির দিকে লইয়া যাওয়া হইতেছে। ফ্যারাডের সূত্রানুসারে কুণ্ডলীটিতে তড়িৎপ্রবাহ ঘটিবে। লেঞ্জের সূত্রানুসারে কুণ্ডলীটির যে প্রান্ত চুম্বকের দিকে আছে সেই প্রান্তে তড়িৎপ্রবাহ বামাবর্তী হইবে। বামাবর্তী না হইয়া দক্ষিণাবর্তী হইলে কুণ্ডলার ঐ প্রান্তটি দক্ষিণ মেরু হিসাবে কাজ করিবে এবং আবেশী উত্তর মেরুকে আকর্ষণ করিতে থাকিবে। ফলে আবেশী চুম্বকটিকে সামান্য পরিমাণ আগাইয়া দিলেই কুণ্ডলীটি উহাকে আকর্ষণ করিয়া লইয়া আসিবে। সুতরাং অল্প পরিমাণ শক্তির পরিবর্তে ইচ্ছামত অনেক শক্তি পাওয়া যাইবে। কিন্তু শক্তির সংরক্ষণ নীতি অনুসারে ইহা সম্ভব নহে। সুতরাং কুণ্ডলীটিতে তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ লেঞ্জের সূত্র মানিয়া চলিবে।

7-5. স্বকীয় আবেশ বা **স্বাবেশ** (Self-Induction) : কোন পরিবাহীর ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে তাহার চারিপাশে একটি চৌম্বকক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। সুতরাং, কোন কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলেও তাহার চারিপাশে চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হইবে এবং কিছু পরিমাণ চৌম্বক বলরেখা কুণ্ডলীর সহিত জড়িত হইয়া পড়িবে। বর্তনীটিতে তড়িৎ-প্রবাহ পরিবর্তিত হইলে কুণ্ডলীর সহিত সংশ্লিষ্ট বলরেখাও পরিবর্তিত হইবে। এইরূপ পরিবর্তনের সময় কুণ্ডলীর ভিতর বিপরীত তড়িচ্চালক বলের উদ্ভব হয় এবং বর্তনীতে প্রবাহিত মূল তড়িৎপ্রবাহকে বাধা দেয়। তড়িৎপ্রবাহ বৃদ্ধির জন্য উদ্ভূত তড়িচ্চালক বল তড়িৎপ্রবাহ বৃদ্ধিকে বাধা দিবে এবং তড়িৎপ্রবাহ কমিতে থাকিলে ঐ তড়িচ্চালক বল প্রবাহ-মাত্রার কমিয়া যাওয়াকে বাধা প্রদান করিবে। এই ধরনের ঘটনাকে **স্বাবেশ** বলা হয় এবং তড়িৎ বর্তনী যে ধর্মের জন্য বর্তনীর তড়িৎপ্রবাহের মাত্রার পরিবর্তনকে বাধা দেয় তাহাকে **স্বাবেশ ধর্ম** (Self Inductance) বলা হয়।



চিত্র—7ঙ

7ঙ নং চিত্রে একটি তড়িৎ-বর্তনী দেখানো হইয়াছে। চাবিটি খোলা থাকিলে বর্তনীতে কোন তড়িৎপ্রবাহ ঘটিবে না ; ইহার ফলে তড়িৎ-প্রবাহের জন্য কোন চৌম্বক বল রেখা থাকিবে না এবং কুণ্ডলীতেও কোন বলরেখা জড়িত হইবে না। চাবি টিপিলে তড়িৎপ্রবাহের জন্য চৌম্বক বলরেখার সৃষ্টি হইবে

এবং কিছু পরিমাণ বলরেখা কুণ্ডলীটির সহিত সংশ্লিষ্ট হইবে। কুণ্ডলীতে সংশ্লিষ্ট বলরেখা পরিবর্তিত হওয়ার জন্য আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের সৃষ্টি হইবে এবং ইহা আবেশের কারণ অর্থাৎ তড়িৎপ্রবাহের বৃদ্ধিকে বাধা প্রদান করিবে। চাবিটি খুলিয়া দিলে কুণ্ডলীতে সংশ্লিষ্ট বলরেখা কমিতে থাকিবে এবং এই কারণে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল বর্তনীর তড়িৎপ্রবাহের কমিয়া যাওয়াকে বাধা প্রদান করিবে।

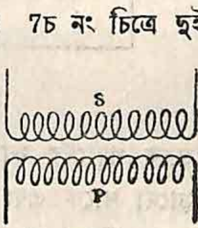
কুণ্ডলীতে যে কোন মূহূর্তে তড়িৎপ্রবাহ i এবং সংশ্লিষ্ট বলরেখা N হইলে আমরা বলিতে পারি,

$$N \propto i \text{ বা, } N = Li.$$

এখানে L একটি ধ্রুব রাশি এবং ইহাকে কুণ্ডলীর **স্বাবেশ গুণাঙ্ক** (Co-efficient of self-induction) বলা হয়। ইহার মান কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা ব্যাসার্ধ ইত্যাদির উপর নির্ভরশীল। উপরের সমীকরণে $i=1$ বসাইলে, $N=L$ হইবে। সুতরাং কোন কুণ্ডলীতে একক মাত্রা তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে কুণ্ডলীর সহিত সংশ্লিষ্ট চৌম্বক বলরেখা সংখ্যাগত ভাবে ঐ কুণ্ডলীর স্বাবেশ গুণাঙ্কের সমান হইবে।

স্বাবেশ গুণাঙ্কের পরম একক 1 ই. এম. ইউ. (e.m.u.) এবং ব্যবহারিক একক 1 হেনরি (Henry)।

7-6. **পারস্পরিক আবেশ** (Mutual Induction) : 7চ নং চিত্রে দুইটি তারের কুণ্ডলী P এবং S-কে পাশাপাশি দেখানো হইয়াছে। P কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ পরিবর্তিত হইলে S কুণ্ডলীর সহিত সংশ্লিষ্ট বলরেখা পরিবর্তিত হইবে। ইহার ফলে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হইবে এবং তড়িৎ-প্রবাহের পরিবর্তনকে বাধাপ্রদান করিবে। এই ধরনের ঘটনাকে **পারস্পরিক আবেশ** (Mutual Induction) বলা হয়।



চিত্র—7চ

যে কোন মুহূর্তে P কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ i এবং S কুণ্ডলীতে সংশ্লিষ্ট বলরেখা N হইলে আমরা বলিতে পারি,

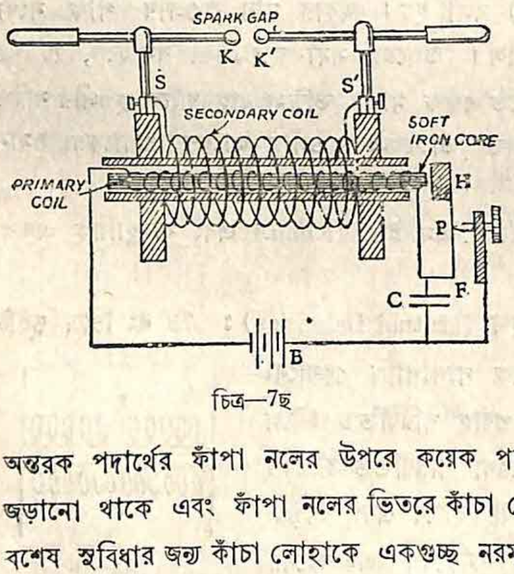
$$N \propto i \text{ বা, } N = Mi$$

এখানে M একটি ধ্রুব রাশি এবং ইহাকে কুণ্ডলীদ্বয়ের **পারস্পরিক আবেশ গুণাঙ্ক** (Co-efficient of Mutual Induction) বলা হয়। ইহার মান কুণ্ডলী দুইটির পাক সংখ্যা, ব্যাসার্ধ, পারস্পরিক দূরত্ব, মজ্জা (core) ইত্যাদির উপর

নির্ভরশীল। উপরের সমীকরণে $i=1$ বসাইলে $N=M$ হইবে। সুতরাং কোন কুণ্ডলীতে একক মাত্রা তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে অন্য কুণ্ডলীর সহিত সংশ্লিষ্ট চৌম্বক বলরেখা সংখ্যাগত ভাবে কুণ্ডলীদ্বয়ের পারস্পরিক আবেশ গুণাঙ্ক সূচিত করিবে। কুণ্ডলীদ্বয়ের যে কুণ্ডলীতে মূল তড়িৎপ্রবাহ চালু থাকে তাহাকে **মুখ্য কুণ্ডলী** (Primary coil) এবং অপরটিকে **গৌণ কুণ্ডলী** (Secondary coil) বলা হয়।

পারস্পরিক গুণাঙ্কের পরম একক 1 ই. এম. ইউ. (e.m.u.) এবং ব্যবহারিক একক 1 হেনরি (Henry)।

7-7. রুম্‌কর্ফের আবেশ কুণ্ডলী (Ruhmkorff's Induction coil): এই যন্ত্রের কার্যকারিতা পারস্পরিক আবেশের নীতির উপর নির্ভরশীল এবং ইহার সাহায্যে অল্প বিভবের বেশী মাত্রার তড়িৎপ্রবাহকে উচ্চ বিভবের অল্প মাত্রার তড়িৎপ্রবাহে রূপান্তরিত করা হয়। 7ছ নং চিত্রে এই যন্ত্রের গঠন প্রণালী দেখানো হইয়াছে। নিম্নে ইহার গঠন ও কার্য প্রণালীর বর্ণনা দেওয়া হইল :



চিত্র—7ছ

(a) **মুখ্য কুণ্ডলী** (Primary coil): কোন অন্তরক পদার্থের ফাঁপা নলের উপরে কয়েক পাক অন্তরিত মোটা তামার তার জড়ানো থাকে এবং ফাঁপা নলের ভিতরে কাঁচা লোহার মজ্জা রাখা হয়। কয়েকটি বশেষ সুবিধার জন্য কাঁচা লোহাকে একগুচ্ছ নরম লোহার তার হিসাবে রাখা হয়। তারগুলি পরস্পর হইতে অন্তরিত থাকে। কাঁচা লোহার মজ্জা চৌম্বক বলরেখাগুলিকে ঘনীভূত করে এবং উহা তড়িৎ-চুম্বক হিসাবেও কাজ করে। মুখ্য-কুণ্ডলীর তারগুলি মোটা বলিয়া উহার রোধ কম এবং উহার ভিতর বেশী মাত্রার তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলেও তারগুলি গলিয়া যাইবে না।

(b) **গৌণ কুণ্ডলী** (Secondary coil): মুখ্য কুণ্ডলীর সমাক্ষে অপর একটি অন্তরক চোঙের উপর খুব সরু তামার তার পেঁচিয়ে গৌণ কুণ্ডলী তৈয়ারী করা হয়। গৌণ কুণ্ডলীতে তারের অনেকগুলি পাক থাকে এবং তাহাদিগকে

বিভিন্ন স্তরে পেঁচানো হয়। পাকের তারগুলি ভালভাবে অন্তরিত করা থাকে। গৌণ-কুণ্ডলীর প্রান্তদ্বয় (S, S') দুইটি পিতলের দণ্ডের সহিত যুক্ত থাকে। দণ্ড দুইটির মাথায় দুইটি ধাতব গোলক (K, K') বিদ্যমান এবং প্রয়োজন অনুসারে উহাদের পারস্পরিক দূরত্ব পরিবর্তিত করা হইয়া থাকে। গৌণ কুণ্ডলীর রোধ অপেক্ষাকৃত ভাবে অনেক বেশী।

(c) **স্পর্শ ছেদক** (Interrupter) : 7ছ চিত্রে H একটি কাঁচা লোহার হাতুড়ি এবং FH একটি স্প্রিং সূচিত করিতেছে। মুখ্য কুণ্ডলীর একপ্রান্ত ব্যাটারীর একটি মেরুর সহিত এবং অপর প্রান্ত FH এবং H-এর মধ্য দিয়া ব্যাটারীর অন্য মেরুর সহিত যুক্ত থাকে। এই ব্যবস্থার সাহায্যে মুখ্য কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ স্বয়ংক্রিয় ভাবে চালু এবং বন্ধ করা যায়। যন্ত্রটি যখন কার্যরত থাকে তখন P বিন্দুতে স্ফুলিঙ্গ দেখা দেয় এবং ঐ স্থলটি তাড়াতাড়ি ক্ষয় হইয়া যায়। এই কারণে P বিন্দুতে প্ল্যাটিনাম লাগানো থাকে।

(d) **ধারক** (Condenser) : মূল বর্তনীর সহিত সমান্তরাল সমবায়ে উপযুক্ত মানের ধারক (C) রাখা হয়। ইহার জন্য স্ফুলিঙ্গের তীব্রতা কমিয়া যায় এবং মূলবর্তনী ছিন্ন করিলে মুখ্য কুণ্ডলীতে প্রবাহিত তড়িৎপ্রবাহ তাড়াতাড়ি শূন্য হইয়া যায়।

(e) **কমুটেটর** (Commutator) : এই ব্যবস্থার সাহায্যে মূল-বর্তনীর তড়িৎ-প্রবাহ শুরু করা, বন্ধ করা অথবা বিপরীতমুখী করা যায়। চিত্রে কমুটেটর দেখানো হয় নাই।

কার্য-প্রণালী (Action) : মূল-বর্তনী চালু করিলে মুখ্য কুণ্ডলীর ভিতর তড়িৎ-প্রবাহ চলিবে এবং কাঁচা লোহার মজ্জা সাময়িক ভাবে চুম্বকায়িত হইবে। ইহার ফলে কাঁচা-লোহার হাতুড়ি (H) আকর্ষিত হইবে এবং P বিন্দুতে মূল বর্তনী বিচ্ছিন্ন হওয়ার জন্য মূল তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ হইয়া যাইবে। ফলে কাঁচা লোহার মজ্জা চুম্বকত্ব হারাইবে এবং হাতুড়িটি স্বাভাবিক স্থানে ফিরিয়া যাইয়া মুখ্য বর্তনীকে পুনরায় সম্পূর্ণ করিবে। মূল-বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহের জন্য মজ্জাটি পুনরায় চুম্বকায়িত হইবে এবং স্বয়ংক্রিয় ভাবে উপরের বর্ণিত ঘটনাগুলির পুনরাবৃত্তি ঘটিতে থাকিবে।

মুখ্য কুণ্ডলীতে তড়িৎ-প্রবাহ বাড়িতে থাকিলে গৌণ কুণ্ডলীতে সংশ্লিষ্ট বলরেখা পরিবর্তিত হইতে থাকিবে এবং গৌণ কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হইবে। অনুরূপভাবে মুখ্যবর্তনীকে ছিন্ন করিলে মুখ্য তড়িৎপ্রবাহ কমিয়া শূন্যে পরিণত হইবে। ইহার ফলে গৌণ কুণ্ডলীর সহিত সংশ্লিষ্ট বলরেখার মানও শূন্য হইয়া যাইবে। সুতরাং

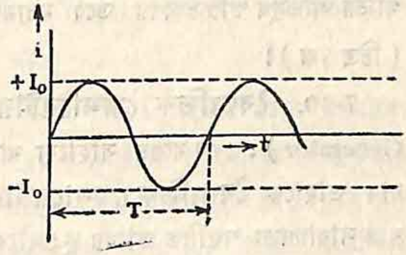
গৌণ কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হইবে। কিন্তু এই সময়ে তড়িচ্চালক বলের অভিমুখ বিপরীত দিকে হইবে। তাছাড়া গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ মূল বর্তনীতে তড়িৎ-প্রবাহের পরিবর্তনের হারের উপর নির্ভরশীল। মূলবর্তনী বিচ্ছিন্ন হওয়ার সময় P বিন্দুতে সামান্য বায়ুস্তর দেখা যায়। ইহার ফলে মূলবর্তনীর রোধ অনেক বাড়িয়া যায় এবং তড়িৎ-প্রবাহের মান খুব তাড়াতাড়ি শূন্য হইয়া যায়। ধারক থাকার জন্য এই পরিবর্তনের হার আরও বাড়িয়া যায়। এই সমস্ত কারণে মূলবর্তনী বিচ্ছিন্ন হওয়ার সময় গৌণ কুণ্ডলীতে যে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয় তাহার পরিমাণ বর্তনী সম্পূর্ণ হওয়ার সময় আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ অপেক্ষা অনেক বেশী হইয়া থাকে। এই যন্ত্রে গৌণ কুণ্ডলীর দুইপ্রান্তে পরিবর্তী (Alternating) তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হইলেও বর্তনী বিচ্ছিন্ন হওয়ার সময় উচ্চমানের আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলকে কাজে লাগানো হয়। সেক্ষেত্রে আমরা একমুখী সবিরাম (Intermittent) উচ্চমানের তড়িচ্চালক বল পাইয়া থাকি।

আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ গৌণ কুণ্ডলীর মোট পাকসংখ্যা এবং সংশ্লিষ্ট চৌম্বক বলরেখার পরিবর্তনের হারের উপর নির্ভর করে। কিন্তু উহা কুণ্ডলীর রোধের উপর নির্ভরশীল নহে। গৌণ কুণ্ডলীর রোধ অনেক বেশী বলিয়া উহাতে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ খুব কম হইবে। এই যন্ত্রের সাহায্যে দশহাজার ভোল্ট হইতে এক লক্ষ ভোল্টের মত বিভব-পার্থক্য সৃষ্টি করা যায়।

ব্যবহার (Uses) : এই যন্ত্রকে গ্যাসের তড়িৎ মোক্ষণ বিষয়ে গবেষণার জন্য, এক্স-রশ্মি উৎপাদনে, গ্যাসের বর্ণালী পর্যালোচনার কাজে লাগানো যাইতে পারে। তাছাড়া অন্তর্দহন ইঞ্জিনে স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করার জন্য আবেশ কুণ্ডলী ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

7-8. পরিবর্তী প্রবাহ (Alternating current) : তড়িৎ-প্রবাহ যদি সবসময়ে একই অভিমুখে প্রবাহিত হয় তবে ঐ তড়িৎ-প্রবাহকে সমপ্রবাহ বলে। কিন্তু যে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হয় এবং যে তড়িৎ-প্রবাহ নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধানে নির্দিষ্ট পরিবর্তন চক্রের (cycle of changes) মধ্য দিয়া যায় তাহাকে **পরিবর্তী প্রবাহ** বলা হয়। একটি পরিবর্তন চক্র সম্পূর্ণ করিতে তড়িৎ-প্রবাহের যে সময় লাগে তাহাকে উহার **পর্যায় কাল** (periodic time) বলে। ইহা সাধারণতঃ T দ্বারা সূচিত হয়। প্রতি সেকেণ্ডে তড়িৎ-প্রবাহ যতগুলি পরিবর্তন চক্র সম্পূর্ণ করে তাহাকে উহার **কম্পাংক** (Frequency) বলা হয়। ইহা সাধারণতঃ f দ্বারা সূচিত হইয়া থাকে। সময়ের সহিত পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ এবং পরিমাণও

পরিবর্তিত হইতে থাকে এবং পর্যায় কালের পরে আবার পূর্বের অবস্থায় ফিরিয়া আসে। পর্যায় কালের শুরুতে তড়িৎপ্রবাহ ক্রমশঃ শূন্য হইতে বাড়িতে থাকে এবং সর্বোচ্চমান I_0 লাভ করে (চিত্র 7জ)। তাহার পর তড়িৎ-প্রবাহের মান ক্রমশঃ কমিয়া পর্যায় কালের অর্ধেক সময়ে শূন্যমানে ফিরিয়া আসে। পর্যায় কালের দ্বিতীয়ার্ধে তড়িৎ-প্রবাহের মান আবার বিপরীত দিকে বাড়িতে থাকে এবং ঋণাত্মক সর্বোচ্চ মান $(-I_0)$ লাভ করে। তাহার পর উহার মান ক্রমশঃ কমিয়া পর্যায় কালের অবসানে শূন্যে পরিণত হয়। পরবর্তী পর্যায় কালে পূর্বের ঘটনার পুনরাবৃত্তি ঘটে। তড়িৎপ্রবাহের সর্বোচ্চ মান I_0, কম্পাঙ্ক f, সময়ের পরিমাণ t এবং সেই সময়ে তড়িৎপ্রবাহের মান i হইলে প্রমাণ করা যায় যে,



চিত্র—7জ

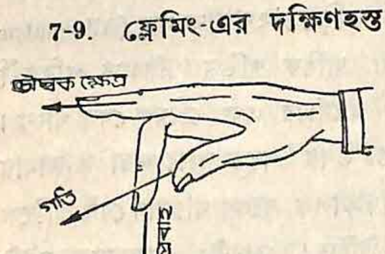
$$i = I_0 \sin 2\pi ft$$

পরিবর্তী তড়িচ্চালক বলের ক্ষেত্রে উপরের সমীকরণটি নিম্নলিখিত আকার ধারণ করে :

$$e = E_0 . \sin 2\pi ft.$$

কোন বর্তনীতে পরিবর্তী তড়িচ্চালক বল প্রয়োগ করিলে পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ পাওয়া যাইবে। নির্দিষ্ট কৌণিক বেগে কোন কুণ্ডলীকে চৌম্বক ক্ষেত্রে ঘুরাইলে পরিবর্তী তড়িচ্চালক বলের সৃষ্টি হয়। তড়িৎ-উৎপাদক যন্ত্রের কার্য প্রণালী এই নীতির উপর নির্ভরশীল।

7-9. ফ্লেমিং-এর দক্ষিণহস্ত সূত্র (Fleming's Right-hand Rule) :



চিত্র—7ঝ

চৌম্বক ক্ষেত্রের ভিতর কোন পরিবাহীকে সঞ্চালিত করিলে ইহার সহিত সংশ্লিষ্ট বলরেখা পরিবর্তিত হইবে। ফলে পরিবাহীটিতে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হইবে। উপযুক্তভাবে পরিবাহী বর্তনীকে সংহত করিলে পরিবাহীর ভিতর দিয়া আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহ ঘটিবে। ফ্লেমিং-এর দক্ষিণহস্ত সূত্র সাহায্যে আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ নির্ণয় করা যাইতে পারে। সূত্রটি

নিম্নরূপ : দক্ষিণ হস্তের প্রথম তিনটি অঙ্গুলি পরস্পরের সহিত সমকোণে রাখিয়া প্রসারিত করিলে তর্জনী এবং বৃদ্ধাঙ্গুলি যদি যথাক্রমে চৌম্বকক্ষেত্র এবং পরিবাহীর গতির অভিমুখ সূচিত করে তবে মধ্যমা আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের দিকনির্দেশ করিবে (চিত্র 7ঝ)।

7-10. বৈদ্যুতিক জেনারেটার বা তড়িতোৎপাদক যন্ত্র (Electric Generator) : যে যন্ত্রের সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায় তাহাকে **বৈদ্যুতিক জেনারেটার** বা **তড়িতোৎপাদক যন্ত্র** বলা হয়। এই যন্ত্রে সাধারণতঃ অন্তরিত তারের কুণ্ডলীকে কোন চৌম্বক ক্ষেত্রে ঘুরানো হয়। কুণ্ডলীটি ঘোরার জন্য উহাতে সংশ্লিষ্ট বলরেখাগুলি পরিবর্তিত হয়। তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের ফলে কুণ্ডলীটিতে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়। ইহার অভিমুখ ফ্লেমিং-এর দক্ষিণহস্ত সূত্র সাহায্যে নির্ণয় করা সম্ভব। কুণ্ডলীটি ঘুরাইবার ব্যবস্থা হিসাবে স্টীম ইঞ্জিন, স্টীম টার্বাইন (Steam turbine) বা ডিজেল এঞ্জিন ব্যবহৃত হইতে পারে। তাছাড়া উঁচু জায়গাতে জল থাকিলে উহার ভিতর অভিকর্ষজ স্থিতি শক্তি বিদ্যমান থাকিবে। এই শক্তির সাহায্যেও জেনারেটারকে ঘুরাইয়া বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদন করা সম্ভব। এইভাবে উৎপন্ন বিদ্যুৎকে জল-বিদ্যুৎ (hydro-electricity) বলা হয়। অধুনা আণবিকশক্তির সাহায্যেও তড়িৎশক্তি উৎপাদন করা সম্ভব হইতেছে।

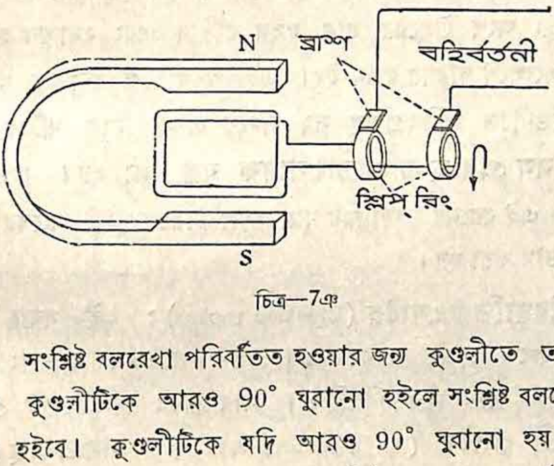
তড়িতোৎপাদক যন্ত্র সাধারণতঃ দুই প্রকার। যথা :

(a) **অলটারনেটার** বা **পরিবর্তী তড়িতোৎপাদক যন্ত্র** (Alternator বা A. C. Generator) এবং (b) **সমপ্রবাহ তড়িতোৎপাদক যন্ত্র** বা **ডায়নামো** (D. C. Generator বা Dynamo)।

7-11. অলটারনেটার বা পরিবর্তী তড়িতোৎপাদক যন্ত্র (Alternator বা A. C. Generator) : এই যন্ত্রের সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তির পরিবর্তে পরিবর্তী তড়িৎপ্রবাহ উৎপন্ন করা হয়। ইহাতে একটি আর্মেচার এবং চৌম্বক ক্ষেত্র থাকে। কাঁচা লোহার পাতলা পাত দিয়া প্রস্তুত চোঙের উপর উপযুক্ত ভাবে অন্তরিত তামার তার জড়াইয়া আর্মেচার তৈয়ারী করা হয়। তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ বেশী করিতে হইলে তারের পাকের সংখ্যা বেশী হওয়া উচিত। তারটির প্রান্তদ্বয়কে দুইটি স্লিপ রিং (slip ring)-এর সহিত সংযুক্ত করা হয়। স্প্রিং-এর সাহায্যে কার্বন বা তামার তৈয়ারী ব্রাশ (brush) গুলিকে স্লিপ রিং-এর উপর এমন ভাবে চাপিয়া রাখা হয় যাহাতে আর্মেচারের সহিত স্লিপ-রিংগুলি ঘুরিলেও ব্রাশগুলি নির্দিষ্ট জায়গায়

স্থির থাকিবে। স্লিপ রিং হইতে ব্রাশগুলির সাহায্যে বহির্বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহ পাঠানো হয়। চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি করিবার জন্য এই সব যন্ত্রে সাধারণতঃ তড়িচ্চুম্বক ব্যবহৃত হইয়া থাকে। বৃহদাকার পরিবর্তী তড়িতোৎপাদক যন্ত্রে আর্মেচারটি স্থির থাকে এবং চৌম্বক ক্ষেত্রটিকে ঘুরানোর ব্যবস্থা থাকে।

7 (ঞ) নং চিত্রে একটি প্রাথমিক ধরনের পরিবর্তী জেনারেটার দেখানো হইয়াছে। একটি স্থায়ী চুম্বকের ক্ষেত্রে তারের কুণ্ডলীটিকে ঘুরানো হয়। কুণ্ডলীর প্রান্তদ্বয় দুইটি স্লিপ রিং-এর সঙ্গে যুক্ত আছে। ব্রাশের সাহায্যে স্লিপ রিং হইতে বহির্বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহ পাঠানো হয়। চিত্রানুযায়ী কুণ্ডলীতে সংশ্লিষ্ট বলরেখার পরিমাণ সর্বনিম্ন। কুণ্ডলীটিকে 90° ঘুরাইলে উহার সহিত সংশ্লিষ্ট বলরেখার পরিমাণ

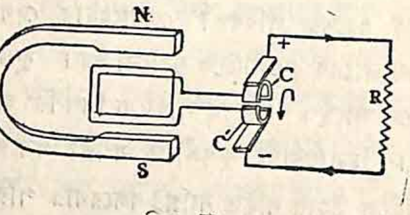


চিত্র—7ঞ

সর্বোচ্চ হইবে। সংশ্লিষ্ট বলরেখা পরিবর্তিত হওয়ার জন্য কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হইবে। কুণ্ডলীটিকে আরও 90° ঘুরানো হইলে সংশ্লিষ্ট বলরেখার পরিমাণ আবার সর্বনিম্ন হইবে। কুণ্ডলীটিকে যদি আরও 90° ঘুরানো হয় তবে সংশ্লিষ্ট বলরেখার পরিমাণ পুনরায় সর্বোচ্চ হইবে। কুণ্ডলীটিকে আরও ঘুরাইয়া প্রারম্ভিক অবস্থানে আনিলে সংশ্লিষ্ট বলরেখার পরিমাণ আবার সর্বনিম্ন হইবে। সুতরাং কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ হ্রাসবৃদ্ধি পাইতে থাকিবে। ফ্লেমিং-এর দক্ষিণহস্ত সূত্র-সাহায্যে দেখানো যাইতে পারে যে কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল পরিবর্তী ধরনের হইতেছে। সুতরাং বহির্বর্তনীতে পরিবর্তী তড়িৎপ্রবাহ ঘটিতে থাকিবে। কুণ্ডলীতে তারের পাকের সংখ্যা, চৌম্বকক্ষেত্রের শক্তি এবং যন্ত্রটির ঘূর্ণনের উপর আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ নির্ভর করিবে।

7-12. সমপ্রবাহ তড়িতোৎপাদক যন্ত্র (D. C. Generator): এই যন্ত্রের সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তির পরিবর্তে সমপ্রবাহ তড়িৎশক্তি পাওয়া যায়।

ইহার কার্যনীতি অল্টারনেটারের মতোই। কেবলমাত্র স্লিপ রিং-এর বদলে এই যন্ত্রে কম্যুটেটার (commutator) ব্যবহৃত হয়। কম্যুটেটারের সাহায্যে পরিবর্তী তড়িৎপ্রবাহকে **সম** প্রবাহে পরিণত করা হয়। একটি তামার চোঙকে অক্ষবরাবর দুই ভাগ করিয়া অন্তরিত অবস্থায় রাখিলে কম্যুটেটার তৈয়ারী হয়। কুণ্ডলীটির প্রান্তদ্বয়কে চোঙটির দুইটি অংশের সহিত যুক্ত করা হয় (চিত্র 7ট)। চিত্রানুযায়ী কোন নির্দিষ্ট মুহূর্তে কুণ্ডলীর উপরের অংশ ধনাত্মক হইলে কম্যুটেটারের উপরের অংশও ধনাত্মক হইবে। কুণ্ডলীটিকে 180° ঘুরাইলে



চিত্র—7ট

কুণ্ডলীর **নীচের** অংশ উপরের স্থান দখল করিবে এবং ধনাত্মক হইবে। উপরের **ব্রাশটি** ইহার সংস্পর্শে থাকার দরুন ইহা এই অবস্থানেও ধনাত্মক থাকিয়া যাইবে। সুতরাং বহির্বতনীতে তড়িৎপ্রবাহ সব সময়ে একই দিকে ঘটিবে। সেইজন্য এই ধরনের যন্ত্রকে **সম প্রবাহ তড়িতোৎপাদক যন্ত্র** বলা হয়। কতকগুলি বিশেষ কারণের জন্য এই ধরনের বৃহদাকার যন্ত্রে কম্যুটেটারকে দুইটি অংশের পরিবর্তে আরও অধিক অংশে ভাগ করা হয়।

7-13. **বৈদ্যুতিক মোটর** (Electric motor) **:** এই সমস্ত যন্ত্রের সাহায্যে বৈদ্যুতিক শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়। সুতরাং ইহার কার্যনীতি তড়িতোৎপাদক যন্ত্রের ঠিক বিপরীত। সাধারণতঃ মোটর দুই প্রকার। যথা: (a) **পরিবর্তী মোটর** (A. C. motor) এবং (b) **সমপ্রবাহ মোটর** (D. C. motor)। প্রথম ধরনের মোটরে পরিবর্তী তড়িৎপ্রবাহ এবং দ্বিতীয় প্রকার মোটরে সমপ্রবাহ ব্যবহৃত হয়। পরিবর্তী মোটরের বিষয় এই পুস্তকে আলোচিত হইবে না।

সমপ্রবাহ মোটর (D. C. motor) **:** এই ধরনের মোটরে সমপ্রবাহ তড়িৎশক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। গঠন প্রণালীর দিক দিয়া ইহার সহিত সমপ্রবাহ তড়িতোৎপাদক যন্ত্রের কোন পার্থক্য নাই। তড়িৎবাহী কুণ্ডলীকে চৌম্বক ক্ষেত্রের ভিতরে রাখিলে কুণ্ডলীটির উপর একটি দ্বন্দ্ব (couple) কাজ করিবে। ইহার ফলে কুণ্ডলীটি ঘুরিতে থাকিবে। কুণ্ডলীটি কোন্ দিকে ঘুরিবে তাহা ফ্লেমিং-এর বামহস্ত সূত্র সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

আমাদের দৈনন্দিন জীবনে বৈদ্যুতিক মোটর বহু কার্যে ব্যবহৃত হয়। বৈদ্যুতিক

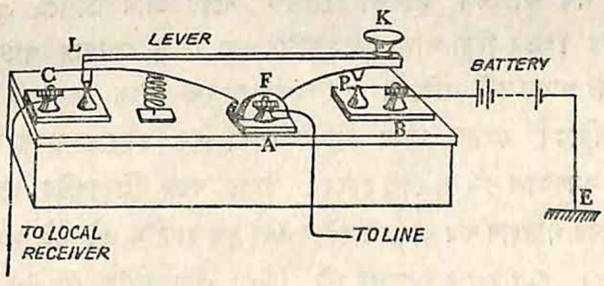
পাখা, ট্রামগাড়ী, বৈদ্যুতিক ট্রেন, ট্রলি বাস (trolley bus), রোলিং মিল ইত্যাদি বৈদ্যুতিক মোটরের সাহায্যে চলিয়া থাকে।

7-14. **টেলিগ্রাফ** (Telegraph) : টেলিগ্রাফ যন্ত্রের সাহায্যে একস্থান হইতে অন্যস্থানে সাংকেতিক পদ্ধতিতে সংবাদ আদান-প্রদান করা হয়। এই যন্ত্রটি 1837 খ্রীষ্টাব্দে মর্শ (Morse) আবিষ্কার করেন এবং এই যন্ত্রে তিনটি প্রধান অংশ থাকে :

(i) **প্রেরক যন্ত্র** (Transmitter or Morse Key), (ii) **গ্রাহক যন্ত্র** (Receiver or the Morse sounder) এবং **রিলে** (Relay)।

প্রেরক যন্ত্রের সাহায্যে কোন স্থান হইতে তড়িৎ-বর্তনীর মাধ্যমে সংবাদ পাঠানো হয় এবং গ্রাহক যন্ত্রের সাহায্যে অন্যস্থানে সংকেত ধরা হয়। প্রেরক এবং গ্রাহক যন্ত্রটিকে উপযুক্ত ধাতব তার দ্বারা যুক্ত করা হয় এবং ইহাকে লাইন তার (line wire) বলে। প্রেরক যন্ত্রের একপ্রান্ত লাইন তারের সহিত এবং অন্যপ্রান্ত পৃথিবীর সহিত যুক্ত থাকে। অনুরূপভাবে গ্রাহক যন্ত্রের একটি প্রান্তকে লাইন তারের সহিত এবং অন্য প্রান্তকে পৃথিবীর সহিত সংযুক্ত করা হয়। প্রেরক যন্ত্র হইতে তড়িৎপ্রবাহ লাইনতার দিয়া গ্রাহক যন্ত্রে পৌছায় এবং ঐ তড়িৎপ্রবাহ গ্রাহক যন্ত্র হইতে পৃথিবীর ভিতর দিয়া পুনরায় প্রেরক যন্ত্রে আসিয়া প্রবেশ করে।

প্রেরক যন্ত্র (Transmitter or Morse Key) : 7ঠ নং চিত্রে একটি প্রেরক যন্ত্রের নক্শা দেখানো হইয়াছে। KL একটি পিতলের লিভার এবং উহার মধ্যবর্তী আলম্ব বিন্দু F স্থায়ীভাবে লাইনের সহিত যুক্ত থাকে। স্থানীয় গ্রাহক যন্ত্রকে

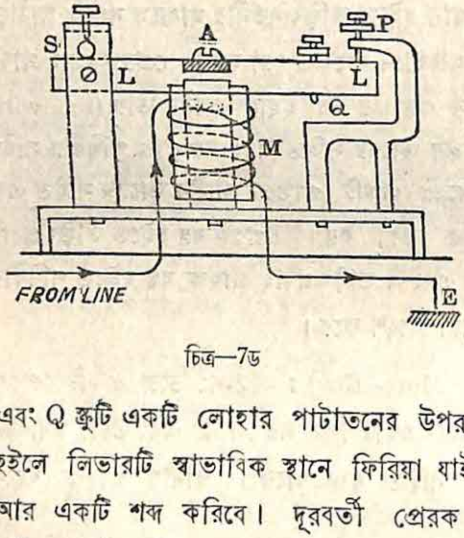


চিত্র—7ঠ

সংযোগকারী স্ক্রু C-এর সহিত এবং ব্যাটারীকে B-এর সহিত যুক্ত করা হয়। ব্যাটারীর অন্য মেরুটিকে পৃথিবীর সহিত যুক্ত করা হয়। পিতলের লিভারটি

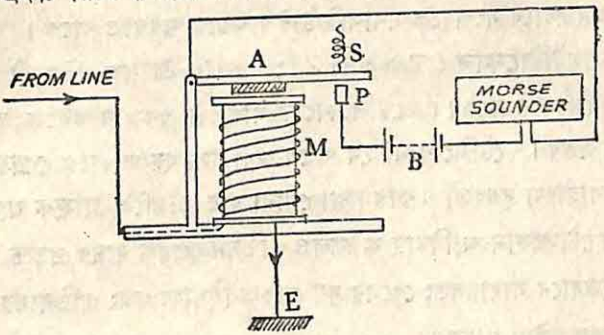
F বিন্দুতে যুক্ত থাকে এবং স্বাভাবিক অবস্থায় C প্রান্তের সহিত যুক্ত থাকে। এই অবস্থানে দূরবর্তী স্টেশন হইতে তড়িৎপ্রবাহ A বিন্দুতে পৌছায় এবং L বিন্দুর মধ্য দিয়া স্থানীয় গ্রাহক যন্ত্রে প্রবেশ করে। কিন্তু K চাবি টিপিলে লিভারের L প্রান্তে সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয় কিন্তু লিভারের সহিত P বিন্দুতে সংযোগ স্থাপিত হয়। ইহার ফলে ব্যাটারীর বর্তনীটি সংহত হয় এবং প্রেরক যন্ত্র হইতে দূরবর্তী স্টেশনের গ্রাহক যন্ত্রে তড়িৎ-প্রবাহ গিয়া পৌছায়।

গ্রাহক যন্ত্র (Receiver বা Morse Sounder) : গ্রাহক যন্ত্রে একটি ধাতব লিভার (LL) থাকে (চিত্র 7ড)। লিভারের একটি প্রান্ত স্প্রিং S-এর সহিত এবং অন্য প্রান্তটি স্বাভাবিক অবস্থায় স্ক্রু P-এর সহিত যুক্ত থাকে। M একটি তড়িচ্চুম্বক এবং লিভারটির A বিন্দুতে একটুকরা নরম লোহা আটকানো থাকে। নরম লোহার টুকরাটিকে তড়িচ্চুম্বকের আর্মেচার বলা হয়। তড়িচ্চুম্বকের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটিলে আর্মেচার A নীচের দিকে আকর্ষিত হইবে এবং Q স্ক্রুটি একটি লোহার পাটাতনের উপর আঘাত করিবে। তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ হইলে লিভারটি স্বাভাবিক স্থানে ফিরিয়া যাইবে এবং স্ক্রু P-এর সঙ্গে ধাক্কা মারিয়া আর একটি শব্দ করিবে। দূরবর্তী প্রেরক যন্ত্রের চাবি টিপিলে গ্রাহক যন্ত্রের তড়িচ্চুম্বকটির ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ ঘটিবে এবং Q স্ক্রু লোহার পাটাতনে ধাক্কা মারিয়া একটি শব্দের স্থষ্টি করিবে। তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ হইলে লিভারটি P বিন্দুতে একটি শব্দ করিবে। প্রেরক যন্ত্রের চাবিটি টেপা এবং ছাড়ার উপর তড়িচ্চুম্বকে প্রবাহমাত্রার সময়কাল কম বা বেশী হইবে। ইহার ফলে লিভারটির ধাক্কা খাইবার অন্তর্বতী সময়ের পরিমাণ কম বা বেশী হইবে এবং হ্রস্ব বা দীর্ঘ এই দুই ধরনের সংকেত পাওয়া যাইবে। ইহাদিগকে যথাক্রমে ডট্ (dot) এবং ড্যাশ (dash) বলা হয়। মর্শ-কোড (Morse Code) অনুসারে বিভিন্ন বর্ণগুলিকে কতকগুলি ড্যাশ ও ডটের সমন্বয় হিসাবে চিহ্নিত করা হয় এবং সংকেত চিহ্নের উপযুক্ত সমন্বয় করিয়া একস্থান হইতে অন্যস্থানে সংবাদ পাঠানো হইয়া থাকে।



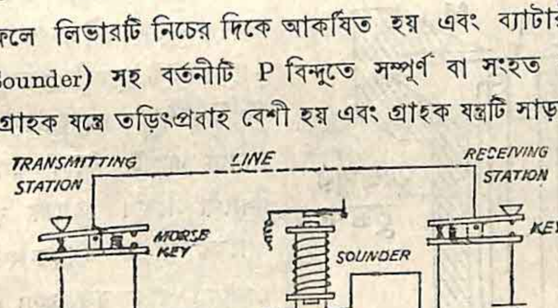
চিত্র—7ড

রিলে (Relay) : প্রেরক স্টেশনটির দূরত্ব বেশী হইলে লাইনের রোধ বেশী হইবে এবং স্বতঃক্ষরণের জন্য গ্রাহক যন্ত্রে আগত তড়িৎপ্রবাহ খুব ক্ষীণ হইয়া পড়ে এবং গ্রাহক যন্ত্র কোন শব্দ উৎপন্ন করিতে পারে না। এই সমস্ত ক্ষেত্রে গ্রাহক যন্ত্রের সহিত একটি রিলে ব্যবহার করা হয় (চিত্র 7চ)। রিলে যন্ত্রে একটি জোরালো



চিত্র—7চ

তড়িচ্চুম্বক (M) থাকে এবং একটি লিভারের A বিন্দুতে নরম লোহার আর্মেচার রাখা হয়। প্রেরক স্টেশন হইতে আগত তড়িৎ-প্রবাহকে তড়িচ্চুম্বকের ভিতর দিয়া পাঠানো হয়। ইহার ফলে লিভারটি নিচের দিকে আকর্ষিত হয় এবং ব্যাটারী (B), গ্রাহক যন্ত্র (Morse Sounder) সহ বর্তনীটি P বিন্দুতে সম্পূর্ণ বা সংহত হয়। ব্যাটারী (B)-এর জন্য গ্রাহক যন্ত্রে তড়িৎপ্রবাহ বেশী হয় এবং গ্রাহক যন্ত্রটি সাড়া দেয়।



চিত্র—7ণ

7ণ নং চিত্রে রিলে সহ টেলিগ্রাফ পদ্ধতির সরল সংযোগ পদ্ধতি দেখানো হইয়াছে। স্পষ্টতঃ এই ধরনের পদ্ধতিতে কোন নির্দিষ্ট সময়ে কেবলমাত্র একদিকে

সংবাদ পাঠানো হয়। উন্নততর পদ্ধতি অবলম্বন করিয়া একই তারের ভিতর দিয়া একই সঙ্গে একাধিক সংবাদ পাঠানো যাইতে পারে। এই ধরনের পদ্ধতিগুলি দ্বি-মুখ (Duplex) ও চতুর্মুখ (Quadruplex) নামে অভিহিত। উন্নততর ব্যবস্থায় স্বয়ংক্রিয় ভাবে গ্রাহক যন্ত্রের সংকেতগুলিকে চলমান ফিতার উপর লেখা যায় এবং প্রয়োজন বোধে সংবাদকে সরাসরি টাইপ করার ব্যবস্থাও থাকে।

7-15. **টেলিফোন** (Telephone): 1876 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী গ্রাহাম বেল টেলিফোন আবিষ্কার করেন। টেলিফোনের সাহায্যে একস্থান হইতে অন্যস্থানে শব্দ প্রেরণ করা সম্ভব। টেলিফোনের যে অংশে কথা বলা হয় তাহাকে **প্রেরক যন্ত্র** এবং যে অংশের সাহায্যে দূরবর্তী বক্তার কথা শোনা যায় তাহাকে **গ্রাহক যন্ত্র** বলা হয়। গ্রাহাম বেল টেলিফোন আবিষ্কার করিলেও এডিসন প্রেরক যন্ত্রের প্রভূত উন্নতি সাধন করেন। বর্তমানে সাধারণতঃ বেলের যন্ত্র গ্রাহক হিসাবে এবং এডিসনের যন্ত্র প্রেরক হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।



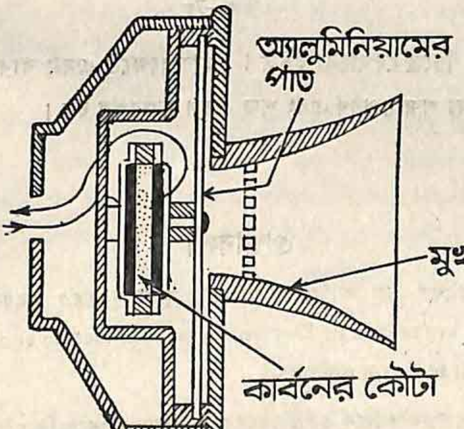
চিত্র—7ত

গ্রাহক যন্ত্র (Receiver) 7ত নং চিত্রে একটি গ্রাহক যন্ত্র দেখানো হইল। অশ্বখুর চুম্বকের দুই মেরুর প্রান্তে অন্তরিত তারের দুইটি কুণ্ডলী শ্রেণীবদ্ধ সজ্জায় কিন্তু বিপরীত পাকে জড়ানো থাকে। চুম্বকটির সামনে একটি কাঁচা লোহার চাকতি বসানো থাকে। তারের কুণ্ডলী দুইটির প্রান্তের সহিত উপযুক্ত বর্তনীর সাহায্যে প্রেরক যন্ত্রকে যুক্ত করা হয়। প্রেরক যন্ত্রের সম্মুখে কেউ কথা বলিলে বর্তনীতে স্পন্দনশীল তড়িৎপ্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই প্রবাহ কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইলে স্পন্দনশীল চৌম্বক শক্তির সৃষ্টি হয় এবং অশ্বখুর চুম্বকের স্বাভাবিক শক্তি আনুপাতিক হারে কমা বাড়া করিতে থাকে। ইহার ফলে কাঁচা লোহার চাকতিটির উপর চৌম্বক আকর্ষণের পরিমাণ পরিবর্তিত হয় এবং চাকতিটি

কম্পনশীল হইয়া বায়ুতে শব্দতরঙ্গের সৃষ্টি করে। প্রেরক যন্ত্রে শব্দতরঙ্গের জন্য স্পন্দনশীল তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি হয় এবং গ্রাহক যন্ত্রের এই তড়িৎ-প্রবাহের জন্যই শব্দ তরঙ্গের সৃষ্টি হইয়া থাকে। এই কারণেই টেলিফোনে বক্তার কথা শ্রোতা শুনিতে পায়।

উপরে বর্ণিত যন্ত্রকে প্রেরক যন্ত্র হিসাবেও ব্যবহার করা যাইতে পারে। লোহার চাকতির সামনে কেহ কথা বলিলে চাকতিটি কাঁপিতে থাকে এবং চুম্বক হইতে চাকতিটির দূরত্ব পরিবর্তিত হইতে থাকে। ইহার ফলে তারের কুণ্ডলীতে সংযুক্ত বলরেখার পরিমাণের হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে এবং উহাতে আবিষ্ট পরিবর্তনশীল তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই পরিবর্তনশীল তড়িৎ-প্রবাহ গ্রাহক যন্ত্রে প্রবাহিত হইয়া বায়ুতে শব্দ তরঙ্গের সৃষ্টি করে। পূর্বে এই ধরনের যন্ত্র প্রেরক যন্ত্র হিসাবেও ব্যবহৃত হইত। কিন্তু এই সমস্ত ক্ষেত্রে উৎপন্ন তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ খুব কম হয়। ফলে বক্তা এবং শ্রোতার দূরত্ব বেশী হইলে শব্দ শোনা যাইবে না। বর্তমানে এডিসনের আবিষ্কৃত কার্বন-মাইক্রোফোনকে প্রেরক যন্ত্র হিসাবে ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

প্রেরক যন্ত্র (Transmitter): বর্তমানে এডিসনের কার্বন-মাইক্রোফোন প্রেরক যন্ত্র হিসাবে ব্যবহৃত হয়। কার্বনের উপর প্রযুক্ত চাপ বাড়িলে উহার রোধ কমিয়া যায়।

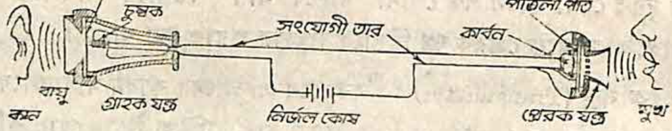


চিত্র—7থ

এই নীতির উপর কার্বন-মাইক্রোফোন ক্রিয়া করে। এই যন্ত্রে কার্বনের গুঁড়া-ভর্তি একটি কার্বনের বাক্স থাকে (চিত্র 7থ)। বাক্সটির সামনে অ্যালুমিনিয়ামের একটি

পাতলা চাকতি আছে। একটি ধাতুর টুকরার সাহায্যে অ্যালুমিনিয়ামের পাতটিকে কার্বনের বাক্সটির সম্মুখ ভাগের দেওয়ালের সহিত যুক্ত করা হয়। কার্বনের বাক্সটির দুই দেওয়াল হইতে দুইটি তার তড়িৎ বর্তনীতে যুক্ত করা হয়। বর্তনীটি সম্পূর্ণ থাকিলে তড়িৎপ্রবাহটিকে যন্ত্রটির মুখের কাছে কথা বলিলে শব্দতরঙ্গের জন্য অ্যালুমিনিয়ামের পাতটি কাঁপিতে থাকে এবং কার্বনের উপর প্রযুক্ত চাপের পরিমাণ কখনও বাড়িয়া এবং কখনও কমিয়া যায়। ইহার ফলে কার্বনের কৌটার রোধ পরিবর্তিত হয় এবং শব্দ-তরঙ্গের জন্য প্রযুক্ত চাপের তারতম্য অনুযায়ী তড়িৎ-প্রবাহেরও তারতম্য ঘটিতে থাকে। এইরূপে উৎপন্ন পরিবর্তনশীল তড়িৎপ্রবাহ দূরবর্তী গ্রাহকযন্ত্রে প্রবেশ করে এবং আমরা শব্দ শুনিতে পাই।

কি প্রকারে দুই ব্যক্তির মধ্যে টেলিফোনের সাহায্যে সংযোগ স্থাপিত হয় তাহা



চিত্র—7দ

সাধারণভাবে 7দ নং চিত্রে দেখানো হইল। বাস্তবক্ষেত্রে এমন ব্যবস্থা থাকে যাহাতে একই বর্তনীর সাহায্যে শব্দ প্রেরণ এবং শব্দ গ্রহণ সম্ভবপর হয়।

প্রশ্নাবলী

1. তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ এবং আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহ কাহাকে বলে? কয়েকটি পরীক্ষার দ্বারা ইহা বুঝাইয়া দাও। [What are meant by Electromagnetic induction and induced current ? Explain them with a few experiments.]

2. তারের একটি বদ্ধ কুণ্ডলীর দিকে একটি চুম্বককে আনিতে থাকিলে কি হইবে? চুম্বকটিকে কুণ্ডলী হইতে দূরে সরাইতে থাকিলে কি হইবে? চুম্বকটিকে স্থির রাখিয়া কুণ্ডলীটিকে যদি কাছে আনা বা দূরে সরান হয় তাহা হইলে কি হইবে? কুণ্ডলী দুইটিকে একই দিকে এবং একই গতিবেগে সরাইলে কি হইবে? [What will happen when a magnet is being brought towards a closed coil ? What will be the result if the magnet is being taken away from the magnet ?

What will be the effect if the magnet is kept fixed but the coil is being brought towards or taken away from the magnet? Discuss the result when both the magnet and the coil are moved in the same direction with the same velocity.]

3. তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের সূত্রাবলী লিখ। চিত্রের সাহায্যে বুঝাইয়া দাও। [State the laws of electromagnetic induction. Explain them with illustration.]

4. আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহ কাহাকে বলে? আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহ কোন্‌দিকে কি পরিমাণে এবং কতক্ষণ প্রবাহিত হইবে তাহা বুঝাইয়া দাও। [What is meant by induced current? What will be the direction, magnitude and duration of flow of the induced current?]

5. ফ্যারাডের তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের সূত্রাবলী এবং লেঞ্জের সূত্র লিখ। শক্তির সংরক্ষণ নীতির সাহায্যে লেঞ্জের সূত্র ব্যাখ্যা কর। [State Faraday's laws of electromagnetic induction and Lenz's law. Explain Lenz's law with the principle of conservation of energy.]

6. চিত্রের সাহায্যে স্বাবেশ কাহাকে বলে বুঝাইয়া দাও। স্বাবেশ গুণাঙ্ক কি এবং কাহার উপর নির্ভরশীল। [Explain self induction with the help of diagram. What is co-efficient of self-induction. On what factors does its value depend.]

7. স্বাবেশ এবং পারস্পরিক আবেশ কাহাকে বলে বুঝাইয়া দাও। স্বাবেশ এবং পারস্পরিক আবেশের সংজ্ঞা দাও এবং উহাদের ব্যবহারিক এককের নাম লিখ। [Explain what are meant by self-induction and mutual induction? Define co-efficient of self-induction and mutual induction and name their practical units.]

8. আবেশ কুণ্ডলীর বর্ণনা দাও এবং কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। এই ধরনের যন্ত্রের উপযোগিতা কি? [Describe an induction coil and explain its working. Mention the usefulness of the machine.]

9. রুমকর্ফের আবেশকুণ্ডলীর সাহায্যে কি করা হয়? চিত্রের সাহায্যে যন্ত্রটির গঠন প্রণালী বুঝাইয়া দাও। ইহা কি কি কাজে লাগে? [What is achieved by Rhumkorff's induction coil. Describe the machine with a suitable diagram. What are its uses?]

10. তড়িৎ-উৎপাদক যন্ত্র কাহাকে বলে? প্রাথমিক ধরনের পরিবর্তী তড়িৎ-উৎপাদক যন্ত্রের বর্ণনা দাও এবং কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। এই যন্ত্রে কোন্ শক্তি তড়িৎ-শক্তিতে রূপান্তরিত হয়? [What is an electrical generator? Describe an elementary A. C. Generator and discuss its working principle. Name the form of energy at whose expense electrical energy is obtained.]

11. সম-প্রবাহ তড়িৎ-উৎপাদক যন্ত্রের বর্ণনা দাও এবং কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। [Describe a D. C. Generator and explaian its working.]

12. বৈদ্যুতিক মোটর বলিতে কি বুঝায়? ডায়নামো এবং মোটরের কার্যনীতি তুলনা কর। [What is meant by an electric motor. Compare the working of a dynamo with that of a motor.]

13. টেলিগ্রাফ যন্ত্রের সাহায্যে কি করা হয় ? টেলিগ্রাফের সাহায্যে কিভাবে সংবাদ আদান-প্রদান সম্ভব তাহা আলোচনা কর। "রিলে" প্রণালী কখন এবং কেন ব্যবহার করা হয় তাহা আলোচনা কর। [What is the usefulness of a telegraph ? Discuss how messages are sent and received with the help of a telegraph. Explain when and why a relay is used.]

14. টেলিফোনের সাহায্যে কি করা হয়। টেলিফোনের গ্রাহক যন্ত্র ও প্রেরক যন্ত্রের বর্ণনা দাও এবং কার্যনীতি ব্যাখ্যা কর। [What is done with the help of a telephone ? Describe a receiver and transmitter of a telephone and explain their working.]

15. সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :—(i) টেলিগ্রাফ, (ii) টেলিফোন এবং (iii) মাইক্রোফোন। [Write short notes on :—(i) telegraph, (ii) telephone and (iii) microphone.]

আধুনিক পদার্থ-বিজ্ঞান (MODERN PHYSICS)

প্রথম অধ্যায়

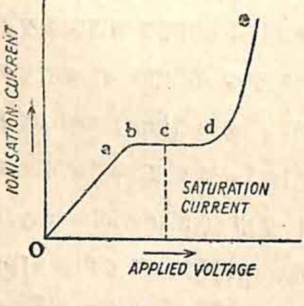
গ্যাসে তড়িৎ প্রবাহ

(Conduction of electricity in gases)

1.1. সাধারণ চাপে গ্যাসে তড়িৎ প্রবাহ (Conduction of electricity in gases at normal pressure) : সাধারণ চাপ ও তাপমাত্রায় যে কোন শুষ্ক গ্যাস তড়িতের কু-পরিবাহী, অর্থাৎ সেই অবস্থায় গ্যাসের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহ ঘটে না। অবশ্য কয়েকটি বিশেষ অবস্থায় ও প্রক্রিয়ায় কোন গ্যাসকে তড়িৎ-পরিবাহী করা সম্ভব। কিন্তু গ্যাসের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহের জন্য আয়নের উপস্থিতি অপরিহার্য। সাধারণ অবস্থায় বায়ুর মধ্যে কোন আহিত স্বর্ণপত্র তড়িৎমোক্ষণ যন্ত্র রাখিলে দেখা যায় যে যন্ত্রটির আধানের পরিমাণ সময়ের সহিত আস্তে আস্তে কমিয়া যাইতেছে। ইহা প্রমাণ করে যে যন্ত্রটি এবং বায়ুর মধ্যে অল্পহারে তড়িৎ-মোক্ষণ ঘটিতেছে। কিন্তু তড়িৎমোক্ষণের জন্য বায়ুতে আয়নের উপস্থিতি দরকার। বায়ুতে নানা নৈসর্গিক কারণে, যথা—মহাজাগতিক রশ্মি, তেজস্ক্রিয়তা ইত্যাদির জন্য সর্বদাই কিছু পরিমাণ আয়ন বিদ্যমান থাকে। কিন্তু সাধারণ অবস্থায় তাহাদের সংখ্যা খুব কম। সাধারণ অবস্থায় কোন গ্যাসের অণু এবং পরমাণুগুলি নিস্তড়িৎ। কিন্তু যদি কোন কারণের জন্য অণু বা পরমাণু হইতে এক বা একাধিক ইলেকট্রন বিচ্ছিন্ন হইয়া যায় তাহা হইলে অণু বা পরমাণুতে ধনাত্মক আধানের আধিক্য ঘটিবে এবং তাহাদিগকে ধনাত্মক আয়ন বলা হইবে। মুক্ত ইলেকট্রন কোন নিস্তড়িৎ অণু পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া ঋণাত্মক আয়নের সৃষ্টি করিবে। যে প্রণালীর সাহায্যে নিস্তড়িৎ অণু বা পরমাণুকে ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধানে আহিত করা যায় সেই প্রণালীকে **আয়নয়ন** (ionisation) বলা হয়। (i) গ্যাসকে যথেষ্ট উত্তপ্ত করিলে, (ii) গ্যাসের ভিতর দিয়া এক্স-রশ্মি, মহাজাগতিক রশ্মি (cosmic ray), তেজস্ক্রিয় রশ্মি, বেগনী-পারের রশ্মি (ultraviolet ray) পাঠাইলে এবং (iii) গ্যাসের ভিতর তড়িৎ-মোক্ষণ ঘটাইলে যে কোন গ্যাস আয়নিত হইতে পারে। কোন আয়নিত গ্যাসের ভিতর দুইটি তড়িৎ-দ্বার রাখিলে ধনাত্মক আয়নগুলি ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারের অভিমুখে এবং ঋণাত্মক আয়ন ও ইলেকট্রনগুলি ধনাত্মক তড়িৎ-দ্বারের অভিমুখে ধাবিত হইতে থাকিবে এবং গ্যাসের ভিতর তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি করিবে। এই ধরনের প্রবাহকে **আয়নয়ন প্রবাহ** (ionisation current) বলা হয়। সাধারণ অবস্থায় গ্যাসে আয়নের সংখ্যা কম থাকে বলিয়া আয়নয়ন প্রবাহের মাত্রা খুব ক্ষীণ হইবে এবং এই প্রবাহ মাপিবার

জন্য উপযুক্ত ধরনের তড়িৎ-বীক্ষণ বা তড়িৎ-মিটার (electrometer) ব্যবহার করা হয়। গ্যাসের চাপ বেশী থাকিলে আয়নগুলি গ্যাসের অণুর সঙ্গে অনেকবার ধাক্কা খাইবে। ইহার ফলে আয়নগুলির গতিশক্তি হ্রাস পাইবে এবং গতিশক্তির পরিমাণ কম হওয়ায় অন্যান্য অণুগুলিকে আয়নিত করিতে পারিবে না। কিন্তু গ্যাসের চাপ কম হইলে নির্দিষ্ট আয়তনে গ্যাসের অণুর সংখ্যা কমিয়া যায়। ফলে আয়নগুলি ধাক্কা খাইবার আগে তুলনামূলকভাবে বেশীদূর যাইবে এবং বেশী পরিমাণ গতিশক্তির অধিকারী হইবে। এই অবস্থায় ধাক্কার ফলে অণুগুলি হইতে ইলেকট্রন বাহির হইয়া যায় এবং উহারা আয়নে পরিণত হয়। বেশী পরিমাণ আয়ন এবং ইলেকট্রন বিদ্যমান থাকিলে তড়িৎ-সঞ্চালনের পরিমাণও বাড়িয়া যাইবে। তড়িৎ-দ্বারে প্রযুক্ত তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ বৃদ্ধি করিলেও আয়নগুলির গতিশক্তি বাড়িয়া যাইবে এবং তড়িৎ-সঞ্চালন বেশী হইবে।

1.2. বিভব-প্রভেদ ও আয়নয়ন প্রবাহের মধ্যে সম্পর্ক (Relation of ionisation current with applied voltage): কোন আয়নিত গ্যাসের ভিতর দুইটি তড়িৎ-দ্বার রাখিলে ধনাত্মক আয়নগুলি ঋণাত্মক তড়িৎ-দ্বারের অভিমুখে এবং ঋণাত্মক আয়ন ও ইলেকট্রনগুলি ধনাত্মক তড়িৎ-দ্বারের অভিমুখে চলিতে থাকিবে এবং আয়নয়ন প্রবাহের সৃষ্টি করিবে। তড়িৎ-দ্বারে প্রযুক্ত তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ আস্তে আস্তে বাড়াইলে আয়নয়ন প্রবাহের কিরূপ পরিবর্তন ঘটিবে তাহার প্রকৃতি দেখানো হইয়াছে (চিত্র 1 ক)। তড়িৎ-দ্বার দুইটির বিভব-পার্থক্য কম থাকিলে আয়নয়ন প্রবাহ খুব কম হইবে এবং বিভব-পার্থক্য আস্তে আস্তে বাড়াইতে থাকিলে আয়ন প্রবাহও সমানুপাতিকভাবে ওহমের সূত্র অনুযায়ী বাড়িতে থাকিবে (চিত্রে Oa অংশ)। বিভব-পার্থক্য আরও বাড়াইতে থাকিলে আয়নয়ন প্রবাহ **বৃদ্ধির হার** আস্তে আস্তে কমিতে থাকিবে (চিত্রে ab অংশ) এবং অবশেষে শূন্য হইয়া যাইবে (চিত্রে bc অংশ)। এই অবস্থায় বিভব-পার্থক্য বাড়াইলেও আয়নয়ন প্রবাহের মান বাড়িবে না এবং এই সময়ের আয়নয়ন প্রবাহকে **সংপৃক্ত প্রবাহ** (saturation current) বলা হয়। বিভব-পার্থক্য আরও বাড়াইতে থাকিলে প্রবাহমাত্রা দ্রুতহারে বাড়িতে থাকিবে (চিত্রে cd অংশ) এবং অবশেষে তড়িৎ-দ্বার দুইটির মধ্যে সরাসরি স্পার্ক (spark) দেখা যাইবে (চিত্রে de অংশ)। যে পরিমাণ বিভব-পার্থক্যে সরাসরি স্পার্ক দেখা যায় তাহাকে স্পার্কিং বিভব (sparking potential) বলা হয়। ইহার মান



চিত্র—1ক

গ্যাসের চাপ, তড়িৎ-দ্বার দুইটির পারস্পরিক দূরত্ব এবং কিছু পরিমাণে তড়িৎ-দ্বারের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল।

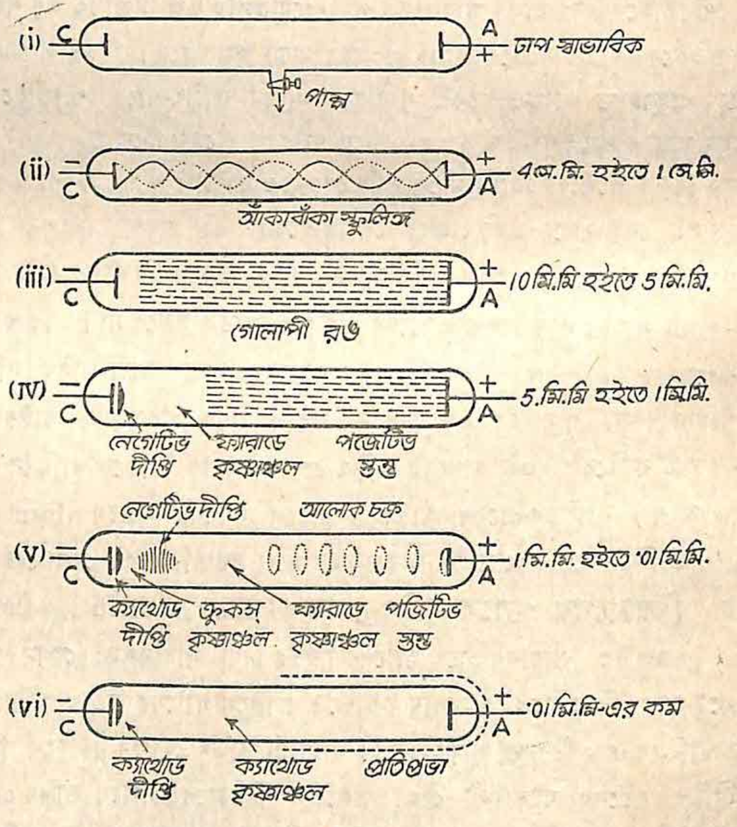
আয়নয়নের সাহায্যে উপরে বর্ণিত লেখ চিত্রের ব্যাখ্যা দেওয়া যায়। মনে কর, কোন নির্দিষ্ট প্রাবল্যের আয়নয়নকারী শক্তির জন্য গ্যাসটি আয়নিত হয়। প্রাবল্য নির্দিষ্ট বলিয়া ঐ শক্তি গ্যাসে প্রতি সেকেণ্ডে নির্দিষ্ট পরিমাণ আয়ন সৃষ্টি করিবে এবং প্রতি সেকেণ্ডে কতগুলি আয়ন ও ইলেকট্রন তড়িৎ-দ্বারে পেঁ ছাইবে তাহা বিভব-প্রভেদের উপর নির্ভর করিবে। একদিকে আয়নয়নকারী শক্তি যেমন আয়নের সৃষ্টি করিবে অন্যদিকে ধনাত্মক আয়ন সঞ্চালনের সময় পথিমধ্যে ঋণাত্মক আয়ন ও ইলেকট্রনের সহিত মিলিত হইয়া পুনঃ-সংযোজনার (recombination) জন্য নিস্তড়িৎ অণু, পরমাণুর সৃষ্টি করিবে। বিভব-প্রভেদ কম হইলে খুব কম সংখ্যক আয়ন তড়িৎ-দ্বারে পেঁ ছাইবে এবং বাকী আয়নগুলি পুনঃসংযোজনার জন্য নিস্তড়িৎ অণু পরমাণুতে পরিণত হইবে। ইহার ফলে তড়িৎ প্রবাহের মাত্রা কম হইবে। বিভব-প্রভেদ আস্তে আস্তে বাড়াইতে থাকিলে বেশী পরিমাণে আয়ন তড়িৎ-দ্বারে পেঁ ছাইবে এবং প্রবাহের মাত্রাও সমানুপাতিক হারে বাড়িতে থাকিবে (লেখ চিত্রে Oa অংশ)। কিন্তু অবশেষে বিভব-প্রভেদের নির্দিষ্ট মানে প্রতি সেকেণ্ডে যতগুলি আয়ন উৎপন্ন হয় সমস্ত আয়নগুলিই সেই সময়ে তড়িৎ-দ্বারে পেঁ ছাইবে। এই অবস্থায় সংপৃক্ত প্রবাহ পাওয়া যাইবে (চিত্রে bc অংশ)। আয়ন সৃষ্টির হার অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া বিভব-প্রভেদ সামান্য বাড়াইলেও প্রবাহের কোন পরিবর্তন ঘটিবে না। কিন্তু প্রযুক্ত বিভব-প্রভেদের মান খুব বেশী হইলে সঞ্চালনের সময় আয়নগুলির গতিবেগ যথেষ্ট পরিমাণে বাড়িয়া যাইবে এবং নিস্তড়িৎ অণু-পরমাণুর সহিত ধাক্কা খাইয়া নূতন আয়নের সৃষ্টি করিবে। এই কারণেই তড়িৎ প্রবাহ আবার বাড়িতে থাকিবে (লেখ চিত্রে cd অংশ)। বিভব-প্রভেদ আরও বাড়াইলে গ্যাসের অন্তরণ (insulation) সম্পূর্ণরূপে ভাঙ্গিয়া পড়ে এবং তড়িৎ-দ্বার দুইটির মধ্যে সরাসরি স্পার্ক দেখা দেয়।

1.3. নিম্নচাপের গ্যাসে তড়িৎ-মোক্ষণ (Electric discharge through rarefied gases) : সাধারণ চাপে গ্যাসের ভিতর দিয়া সাধারণতঃ কোন তড়িৎ প্রবাহ ঘটে না। কিন্তু চাপের পরিমাণ কমাইতে থাকিলে গ্যাসের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা বাড়িতে থাকিবে এবং উপযুক্ত তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ মোক্ষণ ঘটাইলে বিভিন্ন চাপে বিভিন্ন ধরনের ঘটনাবলী দেখা যাইবে। নিম্নচাপের গ্যাসে তড়িৎ মোক্ষণ বিষয়ে ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষদিকে বিভিন্ন বিজ্ঞানী নানারকম পরীক্ষা-নিরীক্ষা করেন এবং ইহার ফলে ইলেকট্রন, ধনাত্মক রশ্মি (positive rays), এক্স-রশ্মি ইত্যাদি আবিষ্কৃত হয়। এই সমস্ত আবিষ্কারের ফল সুদূরপ্রসারী এবং বিশেষ গুরুত্ব-

পূর্ণ বলিয়া প্রমাণিত হয় এবং এই সমস্ত আবিষ্কার আধুনিক বিজ্ঞানের রোমাঞ্চকর জয়যাত্রার পথকে সুগম করে। কোন গ্যাসে বিভিন্ন চাপে কিরূপ তড়িৎ-সঞ্চালন ঘটিবে তাহা নিম্নলিখিত উপায়ে নির্ণয় করা হয়।

প্রায় 40 সেমি. লম্বা এবং 4 সেমি. ব্যাসবিশিষ্ট কাচের নলে পরীক্ষণীয় গ্যাসটিকে লওয়া হয়। নলটির দুই প্রান্তে প্লাটিনামের তৈয়ারী দুইটি তড়িৎ-দ্বার (A, C) থাকে (চিত্র 1 খ) এবং ইহাদের মধ্যে উচ্চমানের বিভব-প্রভেদ প্রয়োগ করা হয়। পাম্পের সাহায্যে প্রয়োজনমত ভিতরকার গ্যাসের চাপ কমানো যাইতে পারে। কাচের নলটির ভিতর বায়ু থাকিলে এবং বায়ুর চাপ ক্রমাগত কমিতে থাকিলে নিম্নলিখিত ঘটনাগুলি পরিলক্ষিত হইবে :

(i) নলটির ভিতর বায়ুর চাপ স্বাভাবিক থাকিলে কোন তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিবে না।



চিত্র—1খ

(ii) বায়ুর চাপ কমিয়া 4 সেমি. হইতে 1 সেমি.-এর মধ্যে থাকিলে নলটির ভিতর আঁকা-বাঁকা লম্বা স্ফুলিঙ্গ দেখা যাইবে। সেইসময় কিছু আওয়াজও উৎপন্ন হইবে।

(iii) চাপের পরিমাণ 10 মিমি. হইতে 5 মিমি.-এর মধ্যে থাকিলে আঁকা-বাঁকা স্ফুলিঙ্গগুলি দীপ্তিমান স্তম্ভের আকার ধারণ করিবে। ইহাকে পজিটিভ স্তম্ভ (positive column) বলা হয়। স্তম্ভের বর্ণ গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভর করিবে। এই বর্ণ বায়ুর ক্ষেত্রে গোলাপী, নিয়ন গ্যাসের ক্ষেত্রে লাল, হিলিয়ামের ক্ষেত্রে হলুদ, পারদ বাষ্পের ক্ষেত্রে সবুজ হইয়া থাকে। বড় বড় শহরে বিজ্ঞাপনের জন্য পজিটিভ স্তম্ভকে কাজে লাগান হয়।

ক্যাথোড এবং পজিটিভ স্তম্ভের মাঝখানে সামান্য অংশ অন্ধকারাচ্ছন্ন থাকে। ইহাকে ফ্যারাডে কৃষ্ণাঞ্চল (Faraday dark space) বলা হয়। এই সময় ক্যাথোডেও সামান্য পরিমাণ দীপ্তি দেখা যায়। ইহাকে নেগেটিভ দীপ্তি বলা হয়।

(iv) চাপের পরিমাণ 5 মিমি. হইতে 1 মিমি.-এর মধ্যে থাকিলে ফ্যারাডে কৃষ্ণাঞ্চলের দৈর্ঘ্য এবং নেগেটিভ দীপ্তি বাড়িয়া যায়।

(v) চাপের পরিমাণ 1 মিমি. হইতে '01 মিমি.-এর মধ্যে থাকিলে পজিটিভ স্তম্ভ কতকগুলি আলোক-চক্রে (striations) ভাঙ্গিয়া যায় এবং নেগেটিভ দীপ্তি ক্যাথোড হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া আর একটি কৃষ্ণাঞ্চলের সৃষ্টি করে। ইহাকে ক্রুকস-কৃষ্ণাঞ্চল (Crooke's dark space) বলা হয়। এই সময় ক্যাথোডে নূতন আভা দেখা যায়। ইহাকে ক্যাথোড দীপ্তি (cathode glow) বলে।

(vi) চাপের পরিমাণ আরও কমাইলে ক্রুকস-কৃষ্ণাঞ্চল দৈর্ঘ্যে বাড়িয়া যাইবে এবং নেগেটিভ দীপ্তি অ্যানোডের দিকে সরিয়া যাইবে। এই সময় পজিটিভ স্তম্ভের আলোক-চক্রগুলির সংখ্যা কমিয়া যাইবে এবং তাহাদের মধ্যে দূরত্ব বাড়িয়া যাইবে।

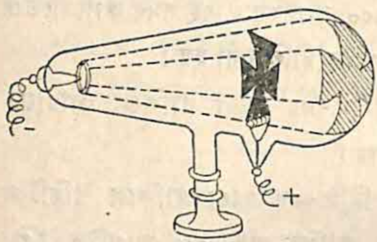
চাপের পরিমাণ 0'1 মিমি.-এর কম হইলে সমস্ত নলটি ক্রুকস কৃষ্ণাঞ্চলে ভরিয়া যাইবে এবং নলের ভিতরে কার্যত কোন আলো দেখা যাইবে না। কিন্তু এই সময় ক্যাথোডের বিপরীত দিকে নলটির দেওয়াল হইতে সবুজ আলো নির্গত হইতে দেখা যাইবে। ইহা হইতে সিদ্ধান্ত করা হয় যে ক্যাথোড হইতে কিছু বাহির হইয়া উহা ক্যাথোডের বিপরীত দিকে কাচের দেওয়ালে আঘাত করে এবং আভার সৃষ্টি হয়। যাহার জন্য এই আভার সৃষ্টি হয় তাহাকে **ক্যাথোড রশ্মি** (Cathode rays) বলে। বৈজ্ঞানিক টমসন প্রমাণ করেন যে ক্যাথোড রশ্মি প্রবহমান ইলেকট্রনের সমষ্টি।

1.4. ক্যাথোড রশ্মি : ক্ষরণ নলে অবস্থিত গ্যাসের চাপ 0'1 মিমি. অথবা তাহার কম হইলে এবং তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে উপযুক্ত উচ্চমানের বিভব-প্রভেদ প্রয়োগ করিলে প্রায় অন্ধকার নলের ভিতরে একটি অস্পষ্ট ক্ষীণ আলোক রেখা দেখা যায়। ক্যাথোড হইতে নির্গত হয় বলিয়া বৈজ্ঞানিক গোল্ডস্টাইন উহার নাম দেন 'ক্যাথোড

রশ্মি'। পরে পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণিত হয় যে উপরি উক্ত অবস্থায় অবিরাম গতিতে ক্যাথোড পৃষ্ঠ হইতে লম্বভাবে ইলেকট্রন বাহির হইয়া আসে। এই ইলেকট্রন স্রোতকেই **ক্যাথোড রশ্মি** বলা হয়।

1.5. ক্যাথোড রশ্মির ধর্ম (Properties of cathode rays) : ক্যাথোড রশ্মির কয়েকটি বিশেষ ধর্মের বিষয় নীচে বলা হইল :

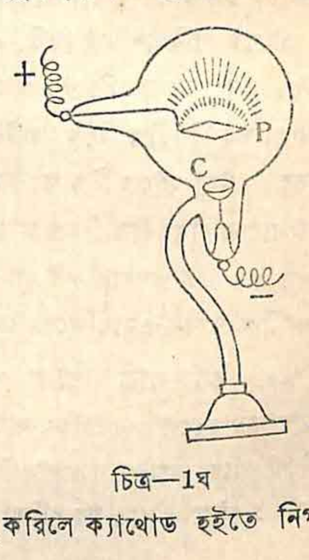
(i) **ক্যাথোড রশ্মি সরলরেখায় গমন করে :** বিশেষ আকারের ক্ষরণ নলের ভিতর উত্তল ক্যাথোড এবং তারকার মত দেখিতে অ্যালুমিনিয়ামের অ্যানোড রাখা হয়। ক্ষরণ নলটি চালু করিলে ক্যাথোডের বিপরীত দিকে অ্যানোডের পিছনে তারকাটির সুস্পষ্ট ছায়া দেখা যাইবে (চিত্র 1গ)। ইহা প্রমাণিত করে যে ক্যাথোড রশ্মি সরলরেখায় গমন করে।



চিত্র—1গ

(ii) **ক্যাথোডরশ্মি ক্যাথোড-পৃষ্ঠ হইতে লম্বভাবে বাহির হয় :** ক্ষরণ-নলে অবস্থিত ক্যাথোডটি অবতল আকারের হইলে ক্যাথোড-রশ্মিগুলি উহার বক্রতা-কেন্দ্রে কেন্দ্রীভূত হয়। ইহা প্রমাণ করে যে ক্যাথোড রশ্মি ক্যাথোড-পৃষ্ঠ হইতে লম্বভাবে বাহির হইয়া আসে।

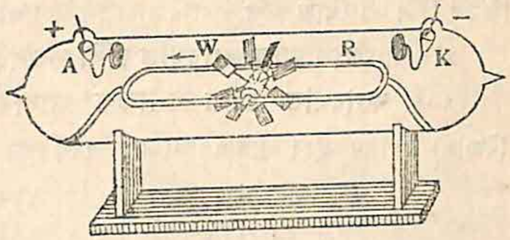
(iii) **ক্যাথোড রশ্মি তাপ উৎপন্ন করিতে পারে :** অবতল ক্যাথোড C-এর বক্রতাকেন্দ্রে একটুকরা প্লাটিনাম (P) রাখা হইল (চিত্র 1ঘ)। প্লাটিনামটি অ্যানোড হিসাবেও কাজ করে। মোক্ষণ নলটি চালু করিলে ক্যাথোড রশ্মিগুলি P-এর উপর আপতিত হইবে এবং প্লাটিনামের টুকরাটি গরম হইয়া লাল হইয়া উঠিবে। ইহা প্রমাণ করে যে ক্যাথোডরশ্মি কোন বস্তুর উপর আপতিত হইয়া তাপ উৎপন্ন করিতে পারে।



চিত্র—1ঘ

(iv) **ক্যাথোড রশ্মির ভরবেগ আছে :** 1ঙ নং চিত্রে একটি বিশেষ ধরনের ক্ষরণ নল দেখানো হইয়াছে, যেখানে A, অ্যানোড ; K, ক্যাথোড এবং W কাচের লাইনে রাখা পাতলা অভ্রের চাকা সূচিত করিতেছে। ক্ষরণ নলটি চালু করিলে ক্যাথোড হইতে নির্গত

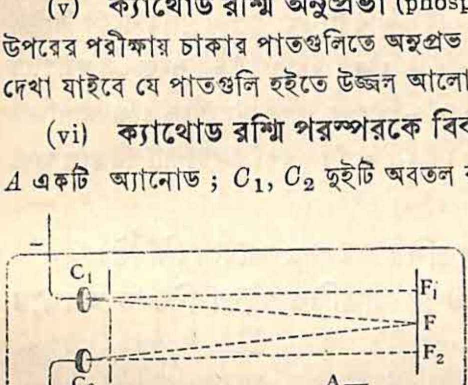
ক্যাথোড রশ্মি চাকাটির উপরের অংশে আপতিত হইবে এবং চাকাটি লাইন বরাবর ঘুরিতে ঘুরিতে আগাইয়া যাইবে। অ্যানোড এবং ক্যাথোডের স্থান পরিবর্তিত করিলে চাকাটি বিপরীত দিকে যাইবে। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে ক্যাথোড রশ্মির ভরবেগ তথা গতিজাড্য আছে।



চিত্র—1ঙ

(v) **ক্যাথোড রশ্মি অনুপ্রভা** (phosphorescence) **সৃষ্টি করিতে পারে ঃ** উপরের পরীক্ষায় চাকার পাতগুলিতে অনুপ্রভ বস্তু লাগাইয়া ক্ষরণ নলটি চালু করিলে দেখা যাইবে যে পাতগুলি হইতে উজ্জল আলো বাহির হইতেছে।

(vi) **ক্যাথোড রশ্মি পরস্পরকে বিকর্ষিত করে ঃ** মনে কর ক্ষরণ নলে A একটি অ্যানোড ; C_1, C_2 দুইটি অবতল ক্যাথোড এবং F_1F_2 একটি প্রতিপ্রভ পর্দা (চিত্র 1চ)। C_1 এবং C_2 আলাদাভাবে ক্যাথোড হিসাবে কাজ করিলে ক্যাথোড রশ্মিগুলি প্রত্যেক ক্ষেত্রে F বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত হয়। কিন্তু দুইটি ক্যাথোডকেই একসঙ্গে চালু করিলে C_1, C_2 হইতে আগত রশ্মিগুলি যথাক্রমে F_1,F_2 বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত হইবে। ইহা প্রমাণ করে যে ক্যাথোড রশ্মি পরস্পরকে বিকর্ষিত করে।



চিত্র—1চ

(vii) **চৌম্বক ক্ষেত্রে ক্যাথোড রশ্মি বাঁকিয়া যায় ঃ** 1গ নং চিত্রে ক্ষরণ নলের উপরে কোন শক্তিশালী চুম্বক ধরিলে তারকা চিহ্নিত ছায়াটি একদিকে সরিয়া যাইবে। চুম্বকটিকে অন্যদিকে রাখিলে ছায়াটি বিপরীত দিকে সরিয়া যাইবে। ইহা প্রমাণ করে যে চৌম্বক ক্ষেত্রে ক্যাথোড রশ্মি বাঁকিয়া যায়।

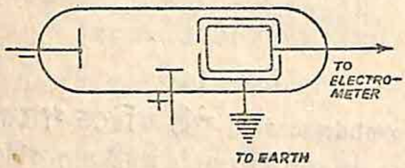
(viii) **বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রে ক্যাথোড রশ্মি বাঁকিয়া যায় ঃ** উপরের পরীক্ষায় চৌম্বক ক্ষেত্রের বদলে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র প্রয়োগ করিলেও একই ধরনের ফল পাওয়া যাইবে। সুতরাং বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রে ক্যাথোড রশ্মি বাঁকিয়া যায়।

(ix) **ক্যাথোড রশ্মি পাতলা ধাতব পাত ভেদ করিয়া যাইতে পারে ঃ** পরীক্ষার সাহায্যে দেখা যায় যে প্রায় ·001 মিমি. পুরু অ্যালুমিনিয়ামের পাতের ভিতর দিয়া ক্যাথোড রশ্মি যাইতে পারে। পাত হইতে নির্গত রশ্মিকে **লেনার্ড রশ্মি** (Lenard rays) বলা হয়।

(x) **ক্যাথোড রশ্মি আয়নিত করার ক্ষমতা রাখে ঃ** কোন গ্যাসের ভিতর দিয়া ক্যাথোড রশ্মি প্রবাহিত হইলে উহা গ্যাসকে আয়নিত করিয়া দেয়।

(xi) **আলোর ন্যায় ক্যাথোড রশ্মি ফটোগ্রাফিক প্লেটে বিক্রিয়া ঘটায়।**

(xii) **ক্যাথোড রশ্মি ঋণাত্মক আধান বহন করে ঃ** 1895 খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী পেরিন ইহা প্রমাণ করিতে সমর্থ হন। 1ছ নং চিত্রে একটি ক্ষরণ নল দেখানো হইয়াছে। ডানদিকে দুইটি আয়তাকার চোঙ রহিয়াছে এবং বাহির ও ভিতরের চোঙ যথাক্রমে পৃথিবী এবং ইলেক্ট্রোমিটারের সহিত যুক্ত। চোঙ দুইটির সমন্বয়কে ফ্যারাডে চোঙ (Faraday cage) বলা হয়। ফ্যারাডে-চোঙের উপর ক্যাথোড রশ্মি আপতিত হইলে ইলেট্রোমিটারের বিক্ষেপ ঘটিবে। বিক্ষেপের প্রকৃতি দেখিয়া সিদ্ধান্ত করা যায় যে ক্যাথোড রশ্মি ঋণাত্মক আধান বহন করে।



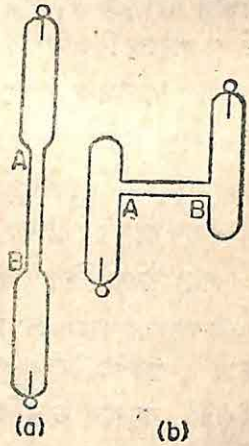
চিত্র—1ছ

(xiii) **ক্যাথোড রশ্মির কণিকাগুলির ভর এবং আধান নির্দিষ্ট।**

(xiv) **ক্যাথোড রশ্মি ধাতুর উপর আপতিত হইয়া বিশেষ অবস্থায় এক্স-রশ্মি উৎপন্ন করে।**

1.6. তড়িৎ মোক্ষণ ঘটনার ব্যবহারিক প্রয়োগ (Practical applications of the discharge phenomenon) **ঃ** অল্প চাপে গ্যাসের ভিতর দিয়া তড়িৎমোক্ষণকে আমাদের দৈনন্দিন জীবনে বহু কাজে লাগানো হয়। নিম্নে কয়েকটি ব্যবহারের কথা বলা হইল।

(*a*) **গাইস্‌লার নল** (Geissler tubes) **ঃ** বিজ্ঞানী গাইস্‌লার এই ধরনের নল আবিষ্কার করেন। বর্ণালী বীক্ষণ কাজে এই নল বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়।



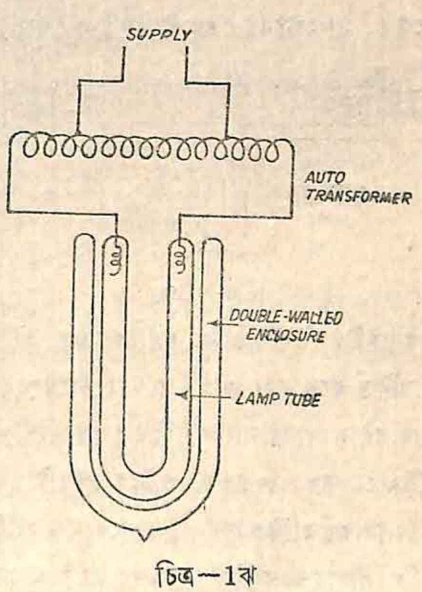
চিত্র—1জ

1জ চিত্রে দুইটি বিভিন্ন আকারের গাইস্‌লার নল দেখানো হইয়াছে। যে-কোন নলে দুইটি করিয়া তড়িৎদ্বার থাকে এবং নলের ভিতরে মোটামুটি 1 মিমি. পারদ চাপে পরীক্ষণীয় গ্যাসকে রাখা হয়। তড়িৎ-মোক্ষণ ঘটিলে নলের ভিতর ধনাত্মক স্তম্ভের আবির্ভাব ঘটিবে এবং

নির্গত আলোককে পরীক্ষা করিলে পরীক্ষণীয় গ্যাসের বর্ণালী পাওয়া যাইবে। নলের মধ্যভাগের কিছুটা অংশ সরু থাকে বলিয়া সেই অংশে প্রবাহ-ঘনত্ব বেশী হইবে এবং সেই অংশ হইতে নির্গত আলোকও খুব উজ্জ্বল হইবে। নির্গত আলোকের রঙ পরীক্ষণীয় গ্যাসের উপর নির্ভর করিবে। নলের ভিতর নিয়ন গ্যাস থাকিলে আলোর রঙ লাল, পারদ বাষ্প থাকিলে আলোর রঙ নীলাভ-সবুজ হইবে।

(b) **নিয়ন সাইন** (Neon sign): নিয়ন সাইন রাত্রিবেলায় বিজ্ঞাপনের কাজে বিশেষভাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। স্বল্প চাপে তড়িৎ-মোক্ষণের উপর নিয়ন সাইনের কার্যনীতি নির্ভরশীল। বিজ্ঞাপন অনুযায়ী সরু কাচের নলকে বাঁকাইয়া তাহার দুই প্রান্তে দুইটি তড়িৎ-দ্বার ঢুকাইয়া সীল করা হয়। তারপর নলটিকে বায়ুশূন্য করিয়া মোটামুটি 5 মিমি. পারদ চাপে নিয়ন গ্যাস ভর্তি করা হয়। উপযুক্ত বিভব-প্রভেদ প্রয়োগ করিলে তড়িৎ-মোক্ষণ ঘটিবে এবং নল জুড়িয়া নিয়নের ধনাত্মক স্তম্ভের আবির্ভাব ঘটিবে। নিয়নের ধনাত্মক স্তম্ভের রঙ আকর্ষণীয়ভাবে লাল বলিয়া মানুষ সহজেই আকৃষ্ট হয় এবং বিজ্ঞাপনের উদ্দেশ্য সফল হয়। বিভিন্ন গ্যাস বা বিভিন্ন গ্যাসের সংমিশ্রণ ব্যবহার করিয়া বিভিন্ন রঙের সৃষ্টি করা যাইতে পারে।

(c) **সোডিয়াম ও পারদ বাষ্পবাতি** (Sodium and mercury vapour lamps): রাস্তা আলোকিত করার জন্য এবং বর্ণালী পরীক্ষার কাজে একরঙা (monochromatic) আলোকের উৎস হিসাবে সোডিয়াম বাষ্পবাতি ব্যবহার করা হয়। এই ধরনেব বাতিতে একটি U-আকারের কাচের নল থাকে এবং নলের দুই প্রান্তে দুইটি তড়িৎ-দ্বার থাকে। নলের ভিতরে আয়নয়নের সুবিধার জন্য অল্প চাপে সামান্য পরিমাণ নিয়ন গ্যাস রাখা হয় এবং নলের ভিতরের দেওয়ালে জায়গায় জায়গায় সোডিয়াম ধাতুর প্রলেপ দেওয়া থাকে (চিত্র 1ঝ)। তড়িৎ-মোক্ষণ শুরু করিতে হইলে অপেক্ষাকৃতভাবে বেশী বিভবের দরকার হয় বলিয়া উপযুক্ত ধরনের ট্রান্সফরমার (transformer) ব্যবহৃত হয়। বৈদ্যুতিক বর্তনী



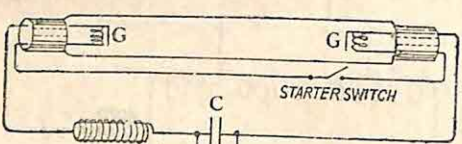
চিত্র—1ঝ

সংহত করা হইলে প্রথমে নিয়ন গ্যাসে তড়িৎ-মোক্ষণ শুরু হইবে এবং তাপ-মাত্রা

বাড়িতে থাকিবে। ইহার ফলে সোডিয়াম ধাতু বাষ্পীভূত হইবে এবং আয়নয়নের ফলে সোডিয়াম ধাতুর বাষ্পে তড়িৎ-মোক্ষণ ঘটিতে থাকিলে উজ্জ্বল হলুদ রঙের আলো পাওয়া যাইবে। কার্যকর অবস্থায় তাপমাত্রা প্রায় 300°C হয় বলিয়া U-নলের চারি পাশে বায়ুশূন্য কাচের জ্যাকেট রাখা হয় এবং ইহা তাপের অন্তরক হিসাবে কাজ করে।

পারদবাষ্প বাতির গঠনপ্রণালী ও কার্যনীতি সোডিয়াম বাষ্প বাতির মতই। কিন্তু পারদ বাষ্পবাতিতে সোডিয়াম ও নিয়নের বদলে পারদ ও আর্গন ব্যবহৃত হয়। তাছাড়া আয়নয়ন শুরু করার জন্য আর একটি বাড়তি তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করা হয়। এই ধরনের বাতি হইতে নীলাভ-বেগুনি আলোক নির্গত হয়। বর্তমানে রাস্তাঘাট আলোকিত করার কাজে পারদ বাষ্প বাতি বিশেষভাবে ব্যবহৃত হইতেছে।

(d) **ফ্লোরেসেণ্ট বাতি** (Fluorescent lamps): ফ্লোরেসেণ্ট বাতির কার্যনীতি অল্প চাপের গ্যাসে তড়িৎ-মোক্ষণের উপর নির্ভরশীল। এই ধরনের বাতিতে একটি কাচের নল থাকে যাহার ব্যাস প্রায় 1·5 ইঞ্চি এবং দৈর্ঘ্য সাধারণতঃ 2 ফুট বা 4 ফুট হইয়া থাকে। নলের ভিতরের অংশে ক্যাডমিয়াম বোরেট বা জিঙ্ক সালফেট ধরণের কোন প্রতিপ্রভ বস্তুর প্রলেপ দেওয়া থাকে। নলটিকে বায়ুশূন্য করিয়া তাহার ভিতরে অল্প অল্প পরিমাণে আরগন, নাইট্রোজেন ও পারদ ঢোকানো হয় এবং এই অবস্থায় ভিতরের চাপ মোটামুটিভাবে 1 মিমি. পারদস্তম্ভ চাপের সমান থাকে। টাংস্টেনের তৈয়ারী দুইটি কুণ্ডলীকৃত তড়িৎ-দ্বারের সামনে দুইটি ধাতবপাত (G, G) রাখা হয় এবং পাত দুইটি দ্রুত গতিবেগে ধাবমান ইলেকট্রনের হাত হইতে তড়িৎ-দ্বার দুইটিকে রক্ষা করে (চিত্র 1 ঞ)। ষ্টার্টার স্বইচটি বাতির সহিত সমান্তরাল সমবায়ে থাকে। ষ্টার্টার স্বইচ টিপিলে তড়িৎ-দ্বার দুইটির ভিতর তড়িৎ-প্রবাহের জন্য ইলেকট্রন নির্গত হয় এবং ইহা আরগনকে আয়নিত করে এবং আর্গন ও নাইট্রোজেনের ভিতর তড়িৎ-মোক্ষণ শুরু হয়। নলটি গরম হইলে পারদ বাষ্পে পরিণত হয় এবং তাহার পরে পারদ বাষ্পের ভিতর দিয়া তড়িৎ-মোক্ষণ শুরু হয়। ষ্টার্টার স্বইচটি স্বয়ংক্রিয়ভাবে বন্ধ হইয়া যায়।



চিত্র—1ঞ

সাধারণ বাতির তুলনায় ফ্লোরেসেণ্ট বাতির স্থবিধা অনেক বেশী। এই ধরনের বাতি সাধারণ বাতির তুলনায় প্রায় আড়াই গুণ বেশী আলো দেয়। তাছাড়া এই বাতির আলো ছায়ার সৃষ্টি করে না এবং তাপমাত্রা কম বলিয়া স্নিগ্ধ আলোক

পাওয়া যায়। আলোর প্রকৃতি অনেকটা দিনের আলোর মত এবং এই আলো চোখের পক্ষে ক্ষতিকারক নয়। এই ধরনের বাতির পরমায়ু অপেক্ষাকৃতভাবে অনেক বেশী।

1·7. ইলেকট্রনের তড়িতাধান, ভর ও শক্তি (Charge, mass and energy of an electron) : বিভিন্ন পরীক্ষার সাহায্যে ইলেকট্রনের তড়িতাধান, ভর ইত্যাদির মান নির্ণয় করা হয়। তাহাদের মানগুলি নিম্নরূপ :

ইলেকট্রনের তড়িতাধান, $e=4·803\times10^{-10}$ ই. এস্. ইউ.

ইলেকট্রনের ভর, $m=9·1\times10^{-28}$ গ্রাম।

আমরা জানি, হাইড্রোজেন পরমাণুর ভর $=1·67\times10^{-24}$ গ্রাম।

$$\therefore\ \frac{\text{হাইড্রোজেন পরমাণুর ভর}}{\text{ইলেকট্রনের ভর}}=\frac{1·67\times10^{-24}}{9·1\times10^{-28}}=1835\ (\text{প্রায়})।$$

প্রকৃতিতে পরমাণু হিসাবে হাইড্রোজেন পরমাণুর ভর সর্বাপেক্ষা কম। কিন্তু এই হাইড্রোজেন পরমাণুই আবার ইলেকট্রন অপেক্ষা প্রায় 1835 গুণ ভারী।

পরমাণু-সংক্রান্ত শক্তির ব্যবহারিক একক হিসাবে ইলেকট্রন-ভোল্ট ব্যবহৃত হয়। একটি ইলেকট্রনকে 1 ভোল্ট বিভব-প্রভেদের ভিতর লইয়া যাইতে যে পরিমাণ কাজের প্রয়োজন হয় তাহাকে **1 ইলেকট্রন ভোল্ট** (electron-volt) বলা হয়। ইলেকট্রন-ভোল্টকে সংক্ষেপে eV লেখা হয়।

$$\therefore\ 1\,eV=1\ \text{ই. এস্. ইউ. তড়িতাধান}\times1\ \text{ভোল্ট}$$
$$=4·803\times10^{-10}\times\tfrac{1}{300}\qquad[\because\ 1\ \text{ভোল্ট}=\tfrac{1}{300}\ \text{ই. এস্. ইউ.}]$$
$$=1·601\times10^{-12}\ \text{আর্গ।}$$

ইলেকট্রন-ভোল্ট এককটি ছোট বলিয়া অনেক সময় কিলো-ইলেকট্রন-ভোল্ট (KeV) এবং মিলিয়ন ইলেকট্রন-ভোল্ট (MeV) ব্যবহৃত হয়।

$$1\ KeV=10^3eV\ \text{এবং}\ 1\ MeV=10^6eV.$$

কোন ইলেকট্রনের ভর m, এবং আধান e ধরা হইল। V বিভব-প্রভেদের মধ্য দিয়া যাওয়ার ফলে ইলেকট্রনটির গতিবেগ v হইলে, শক্তির সংরক্ষণ নীতি অনুযায়ী

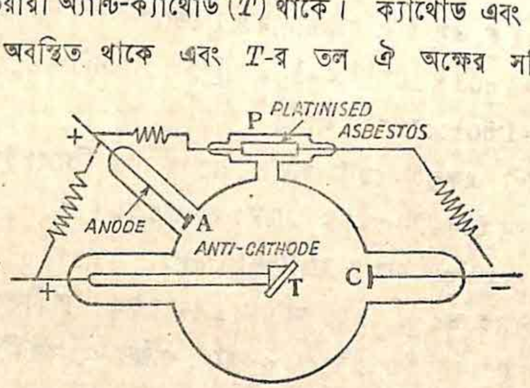
$$\frac{1}{2}mv^2=eV\quad\text{বা,}\quad v=\sqrt{\frac{2eV}{m}}.$$

1.8. এক্স-রশ্মির আবিষ্কার (Discovery of X-rays) : 1895 খ্রীষ্টাব্দে অধ্যাপক রঞ্জেন (Roentgen) ক্যাথোড রশ্মি লইয়া গবেষণা করিবার সময় আকস্মিক ভাবে এক্স-রশ্মি আবিষ্কার করেন। তিনি লক্ষ্য করেন যে ক্ষরণ নলটি কার্যকর অবস্থায় থাকিলে পাশে রাখা ব্যারিয়াম প্লাটিনো-সায়ানাইড প্লেট (প্রতিপ্রভ পর্দা)

হইতে প্রতিপ্রভার জন্য আলোক নির্গত হইতেছে। তিনি সিদ্ধান্ত করেন যে কোন অদৃশ্য রশ্মি ক্ষরণ-নল হইতে নির্গত হইয়া এই প্রতিপ্রভার সৃষ্টি করিতেছে। বীজগণিতে যেমন কোন অজানা বস্তুকে X-দ্বারা সূচিত করা হয় সেই রকম এই অজানা রশ্মির নাম দেওয়া হয় **এক্স-রশ্মি** (X-rays)। আবিষ্কর্তার নাম অনুসারে এই রশ্মিকে **রঞ্জন রশ্মি** নামেও অভিহিত করা হয়। ক্যাথোড হইতে নির্গত ক্যাথোড রশ্মি (অর্থাৎ দ্রুতগামী ইলেকট্রন গুচ্ছ) কোন কঠিন বস্তুতে আঘাত করিলে উহার গতিশক্তির কিছু পরিমাণ তাপশক্তিতে এবং কিছু পরিমাণ অদৃশ্য আলোক রশ্মিতে রূপান্তরিত হয়। এই অদৃশ্য আলোক রশ্মিকে এক্স-রশ্মি বলা হয়। এই নীতি অবলম্বন করিয়া পরীক্ষাগারে এক্স-রশ্মি প্রস্তুত করা হয়। এক্স-রশ্মি প্রস্তুত করিবার জন্য (a) এক্স-রশ্মি বাল্‌ব্ এবং (b) কুলীজ নল ব্যবহৃত হয়।

1.9. এক্স-রশ্মির উৎপাদন (Production of X-rays) :

(a) **এক্স-রশ্মি বালব (X-rays bulb) :** প্রকৃতপক্ষে ইহা একটি বিশেষ ধরনের ক্ষরণ বালব্ (চিত্র 1ট)। ইহার ভিতরে বায়ুর চাপ সাধারণত 10^{-3} হইতে 10^{-4} মিমি পারদ চাপের সমান হইয়া থাকে। ক্যাথোড (C) অবতল আকারের এবং সাধারণতঃ অ্যালুমিনিয়ামের তৈয়ারী। অ্যানোড (A) এবং ক্যাথোড এক সরলরেখায় থাকে না। ক্যাথোডের বক্রতা কেন্দ্রে উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট প্লাটিনাম বা টাংস্টেনের তৈয়ারী অ্যান্টি-ক্যাথোড (T) থাকে। ক্যাথোড এবং অ্যান্টি-ক্যাথোড একই অক্ষে অবস্থিত থাকে এবং T-র তল ঐ অক্ষের সহিত 45° কোণ



চিত্র—1ট

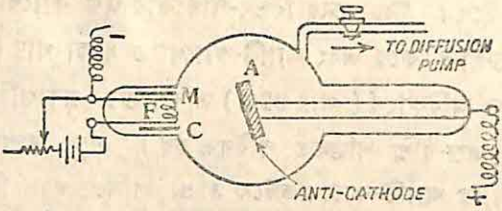
উৎপন্ন করে। অ্যানোড এবং অ্যান্টি-ক্যাথোড পরিবাহী তার দ্বারা পরস্পর সংযুক্ত থাকে। অ্যানোড এবং আন্টি-ক্যাথোড থাকার জন্য যন্ত্রটি ভাল কাজ করে। মূল বালবের সহিত সংযুক্ত একটি পার্শ্বনল (P) থাকে এবং ইহার ভিতরে প্যালাডিয়াম বা প্লাটিনামে চোবানো অ্যাসবেষ্টস রাখা হয়। ইহার জন্য যন্ত্রটির

কার্যকারিতা বাড়িয়া যায়। তড়িৎদ্বার দুইটিকে আবেশকুণ্ডলী অথবা ট্রান্সফরমারের সহিত যুক্ত করিয়া 30,000 হইতে 50,000 ভোল্ট বিভব-প্রভেদ প্রয়োগ করিলে এক্স-রশ্মি উৎপন্ন হইবে। উচ্চমানের বিভব-পার্থক্যের জন্য ক্যাথোড রশ্মিগুলি প্রচুর পরিমাণে গতিশক্তিলাভ করে এবং অ্যান্টি-ক্যাথোডে ধাক্কা খায়। ধাক্কা খাওয়ার ফলে এই গতিশক্তির অধিকাংশ (প্রায় 97%) তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয় এবং বাকী অংশ (প্রায় 3%) এক্স-রশ্মি শক্তিতে পরিণত হয়। প্রচুর তাপশক্তি উৎপন্ন হয় বলিয়া কৃত্রিম উপায়ে অ্যান্টি-ক্যাথোডটিকে ঠাণ্ডা রাখিতে হয় (চিত্রে দেখানো হয় নাই)। এইযন্ত্রে বায়ুর চাপ খুব কম থাকে বলিয়া বায়ুর অণুর সংখ্যাও কম থাকে। যন্ত্রটি কিছুক্ষণ কার্যরত থাকিলে কাচের দেওয়াল অণুগুলিকে শোষণ করিয়া লয় এবং ইহার ফলে আধানের বাহক আয়নের উৎপাদন বন্ধ হইয়া যায়। সেক্ষেত্রে মূলতড়িৎ-মোক্ষণ বন্ধ হইয়া যায় এবং সমান্তরাল সমবায়ে অবস্থিত P বিন্দু দিয়া স্পার্ক দেখা যায়। স্পার্কের ফলে প্যালাডিয়াম বা প্লাটিনামে ভেজানো অ্যাসবেষ্টস উত্তপ্ত হয় এবং কিছু পরিমাণ গ্যাস সেইস্থান হইতে নির্গত হইয়া যন্ত্রটিকে পুনরায় কার্যক্ষম করিয়া তোলে।

এই ধরনের যন্ত্রে সাধারণতঃ কোমল এক্স-রশ্মি (soft X-rays) উৎপন্ন হয়। কোমল রশ্মির তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য অপেক্ষাকৃত ভাবে বেশী এবং ভেদন ক্ষমতা কম। প্রযুক্ত বিভব-পার্থক্য বাড়াইলে এক্স-রশ্মির প্রাবল্য এবং ভেদন ক্ষমতা বাড়িয়া যাইবে। এক্স-রশ্মির ভেদন ক্ষমতা অ্যান্টি-ক্যাথোড হিসাবে ব্যবহৃত ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্বের উপরেও নির্ভর করে।

(b) **কুলীজ নল** (Coolidge tube) : 1913 খৃষ্টাব্দে কুলীজ এই যন্ত্র আবিষ্কার করেন। এই যন্ত্রে একটি বায়ুশূন্য কাচের গোলকের ভিতরে ক্যাথোড (F) এবং অ্যানোড (A) ঢোকানো থাকে (চিত্র 1১)। অ্যানোডের গায়ে উচ্চ গলনাঙ্ক এবং উচ্চ পারমাণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট টান্টেলাম, প্লাটিনাম অথবা টাংস্টেনের একটি পাত লাগানো থাকে। ইহাকে অ্যান্টি-ক্যাথোড বলা হয়। অ্যান্টি-ক্যাথোডটি তড়িৎদ্বার দুইটির অক্ষের সহিত 45° কোণে আনত এবং গোলকের কেন্দ্রস্থলে অবস্থিত থাকে। টাংস্টেনের ফিলামেন্ট (F) ক্যাথোড হিসাবে কাজ করে এবং ফিলামেন্টটি ব্যাটারী ও পরিবর্তনীয় রোধের সহিত শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত থাকে। ফিলামেন্টের ভিতর তড়িৎপ্রবাহ ঘটাইলে উহার তাপমাত্রা বাড়িয়া যাইবে (প্রায় 2000°C) এবং ফিলামেন্ট হইতে ইলেকট্রন নির্গত হইতে থাকিবে। ফিলামেন্টকে ঘিরিয়া মলিবডেনামের একটি ফাঁপা চোঙ (MC) থাকে এবং এই চোঙটি নির্গত ইলেকট্রনগুলিকে কেন্দ্রীভূত করিতে সাহায্য করে। ইলেকট্রনগুলি ঋণাত্মক বলিয়া তাহারা ধনাত্মক

অ্যানোড কর্তৃক আকর্ষিত হয়। তড়িৎদ্বার দুইটির মধ্যে প্রযুক্ত বিভব-পার্থক্যের মান খুব বেশী (প্রায় এক লক্ষ ভোল্ট) বলিয়া ইলেকট্রনগুলি প্রচুর গতিশক্তি লাভ



চিত্র—1ঠ

করে এবং সজোরে অ্যান্টি ক্যাথোডে ধাক্কা মারে। ইহার ফলে এক্স-রশ্মি উৎপন্ন হয়। ধাক্কা খাওয়ার ফলে গতিশক্তির অধিকাংশ (প্রায় 97%) তাপশক্তিতে এবং বাকী অংশ (প্রায় 3%) এক্স-রশ্মিতে পরিণত হয়। প্রচুর তাপশক্তি উৎপন্ন হয় বলিয়া কৃত্রিম উপায়ে অ্যান্টি-ক্যাথোডটিকে ঠাণ্ডা রাখিতে হয়। বর্তমানে এক্স রশ্মি উৎপাদনের জন্য সাধারণত কুলীজ নল ব্যবহৃত হয়। এই যন্ত্র হইতে নিরবিচ্ছিন্নভাবে এক্স-রশ্মি পাওয়া যায়। তাছাড়া ফিলামেন্টের তড়িৎপ্রবাহ পরিবর্তিত করিয়া উৎপন্ন এক্স-রশ্মির প্রাবল্য এবং প্রযুক্ত বিভব-পার্থক্য পরিবর্তিত করিয়া উহার গুণগত বিশিষ্টতা (quality) পরিবর্তিত করা সম্ভব।

আরও শক্তিশালী এক্স-রশ্মি উৎপাদনের জন্য **বিটাট্রন** (Betatron) যন্ত্র ব্যবহৃত হইয়া থাকে। 1940 খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী কের্ষ্ট (Kerst) এই যন্ত্রটি আবিষ্কার করেন।

1.10. এক্স-রশ্মির ধর্মাবলী (Properties of X-rays) :

(i) এক্স-রশ্মি অদৃশ্য। সাধারণ আলোক রশ্মির ন্যায় এক্স-রশ্মি মানুষের চক্ষুতে দর্শনের অনুভূতি সৃষ্টি করে না।

(ii) আলোকের গতিবেগে এবং সরলরেখায় এক্স-রশ্মি গমন করে।

(iii) তথাকথিত অনেক অস্বচ্ছ বস্তু যথা মাংস, কাঠ, কাগজ, ইত্যাদির ভিতর দিয়া এক্স-রশ্মি সহজেই ভেদ করিয়া যাইতে পারে। এই কারণেই এক্স-রশ্মির সাহায্যে হাতের ফটোগ্রাফ তুলিলে ফটোতে হাড়ের স্পষ্ট ছবি পাওয়া যাইবে। তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যত কম হইবে এক্স-রশ্মির ভেদন-ক্ষমতা তত বাড়িয়া যাইবে। বেশী ভেদন-ক্ষমতা সম্পন্ন এক্স-রশ্মিকে **তীক্ষ্ণ রশ্মি** (Hard rays) বলা হয়। যে রশ্মি সহজেই শোষিত হইয়া যায় তাহাকে **কোমল রশ্মি** (Soft rays) বলে। এক্স-রশ্মি উৎপাদনের যন্ত্রে প্রযুক্ত বিভব-প্রভেদ বেশী হইলে রশ্মির তীক্ষ্ণতা বাড়িয়া যাইবে।

(iv) তড়িৎ অথবা চৌম্বক ক্ষেত্র প্রয়োগ করিলে এক্স-রশ্মি গন্তব্য পথ হইতে বাঁকিয়া যায় না। ইহা প্রমাণ করে যে এক্স-রশ্মিতে কোন আধান থাকে না।

(v) কোন গ্যাসে এক্স-রশ্মি গমন করিলে উহা আয়নিত হইয়া যায়।

(vi) বেরিয়াম প্লাটিনোসায়ানাইড, জিঙ্ক সালফাইড প্রভৃতি কয়েকটি বিশেষ পদার্থে এক্স-রশ্মি আপতিত হইয়া প্রতিপ্রভার সৃষ্টি করে।

(vii) সাধারণ আলোকের ন্যায় এক্স-রশ্মিও ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর বিক্রিয়া ঘটায়।

(viii) এক্স-রশ্মি এক ধরনের তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ এবং ইহার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য খুব কম ($10^{-6}-10^{-9}$ সেমি.)। দৃশ্য আলোক রশ্মির ন্যায় এক্স-রশ্মিরও প্রতিফলন, প্রতিসরণ, ব্যতিচার, সমবর্তন ইত্যাদি দেখা যায়। কিন্তু তরঙ্গ দৈর্ঘ্য খুব কম বলিয়া সাধারণ দর্পণ ইত্যাদির বদলে কেলাস ব্যবহার করিতে হয়।

(ix) কোন কোন বস্তুর উপর এক্স-রশ্মি আপতিত হইলে বস্তুটি হইতে ইলেকট্রন নির্গত হয়। ইহাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া (photo-electric effect) বলে।

(x) এক্স-রশ্মি জীবন্ত কোষকে ধ্বংস করিতে পারে। শরীরের উপর অনেকক্ষণ এক্স-রশ্মি পড়িলে উহা শরীরের পক্ষে ক্ষতিকারক হইয়া উঠে।

(xi) এক্স-রশ্মির প্রভাবে জীব কোষের জিনের (genes) চারিত্রিক ধর্মাবলী পরিবর্তিত হয়। বর্তমানে এই বিষয় লইয়া প্রচুর গবেষণা চলিতেছে।

1.11. এক্স-রশ্মির ব্যবহার (Uses of X-rays): নীচে এক্স-রশ্মির কয়েকটি প্রয়োজনীয় ব্যবহারের কথা উল্লেখ করা হইল।

চিকিৎসা ক্ষেত্রে: এক্স-রশ্মি তথাকথিত অনেক অস্বচ্ছ বস্তু যথা মাংস, চামড়া, কাঠ ইত্যাদির ভিতর দিয়া ভেদ করিয়া যাইতে পারে। এক্স-রশ্মির সাহায্যে ফটো তুলিয়া হাড় ভাঙ্গিয়াছে কি-না, শরীরের ভিতরে বুলেট আছে কি-না ইত্যাদি জানা সম্ভব। এক্স-রশ্মির সাহায্যে যক্ষারোগ, ক্যানসার, টিউমার ইত্যাদি নির্ণয় করা সম্ভব। উপযুক্ত ভাবে এবং উপযুক্ত মাত্রায় এক্স-রশ্মি প্রয়োগ করিয়া ক্যানসার, চর্মরোগ ইত্যাদির চিকিৎসা করা যাইতে পারে।

শিল্প ক্ষেত্রে: ধাতুর তৈরী কড়ি, বরগা, ঢালাই করা কোন বস্তু ইত্যাদির ভিতর খুঁত আছে কি-না তাহা নির্ণয় করিবার জন্য এক্স-রশ্মি ব্যবহার করা যাইতে পারে। তাছাড়া ঝিনুকের ভিতর মুক্তা আছে কিনা তাহাও এক্স-রশ্মির সাহায্যে জানা যায়।

গোয়েন্দা বিভাগে: গোয়েন্দা বিভাগের কর্মীরা আবদ্ধ পেটিকার ভিতর কোন নিষিদ্ধ বস্তু আছে কি-না তাহা নির্ণয় করিবার জন্য এক্স-রশ্মি ব্যবহার করিয়া থাকেন। অনেক সময় ধরা পড়ার ভয়ে চোরেরা সোনার গহনা, মুক্তা ইত্যাদি গিলিয়া ফেলে। সেক্ষেত্রেও এক্স-রশ্মি প্রয়োগ করিয়া তাহাদের অস্তিত্ব নির্ণয় করা সম্ভব।

of 10^9 cm./sec., given that mass of the electron $=9{\cdot}1\times10^{-28}$ gm. and charge $=4{\cdot}8\times10^{-10}$ e. s. u.]

উঃ গতিশক্তি $=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}\times9{\cdot}1\times10^{-28}\times(10^9)^2$

$=4{\cdot}55\times10^{-10}$ আর্গ

$=\frac{4{\cdot}55\times10^{-10}}{1{\cdot}6\times10^{-12}}$ ইলেকট্রন-ভোল্ট

[$\because$ $1eV=1{\cdot}6\times10^{-12}$ আর্গ]

$=284{\cdot}4\ eV.$

3. কুলীজ নলের অ্যানোডে ইলেক্ট্রন ধাক্কা মারিয়া 10^{-8} সে. মি. তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের এক্স-রশ্মি উৎপন্ন করে। ধাক্কা মারার ঠিক পূর্বে ইলেকট্রনের গতিশক্তি কত বাহির কর। দেওয়া আছে : $h=6{\cdot}62\times10^{-27}$ আর্গ-সেকেণ্ড ; $e=4{\cdot}8\times10^{-10}$ ই. এস্. ইউ., ইলেকট্রনের ভর $=9{\cdot}1\times10^{-28}$ গ্রাম। [Eelctrons bombarding the anode of a Coolidge tube produce X-rays of wave-length 1 A. U. Find the energy of each electron at the moment of impact. Given ; $h=6{\cdot}63\times10^{-27}$ erg-sec ; $e=4{\cdot}8\times10^{-10}$ e. s. u., mass of electron $=9{\cdot}1\times10^{-28}$ gm.]

উঃ নির্ণেয় গতিশক্তি $=\frac{1}{2}mv^2=h\ \nu=\frac{hc}{\lambda}\left[\because\ \text{কম্পাঙ্ক}\ (\nu)=\frac{\text{গতিবেগ}\ (c)}{\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য}\ (\lambda)}\right]$

$=\frac{6{\cdot}62\times10^{-27}\times3\times10^{10}}{10^{-8}}$ আর্গ

$=\frac{6{\cdot}62\times10^{-27}\times3\times10^{10}}{10^{-8}\times1{\cdot}6\times10^{-12}}$ ইলেকট্রন ভোল্ট $=1{\cdot}24\times10^4\ eV$

প্রশ্নাবলী

1, সাধারণ চাপে গ্যাসে তড়িৎপ্রবাহ কিরূপ হইবে তাহা ব্যাখ্যা কর। বিভব প্রভেদের সহিত আয়নয়ন প্রবাহের পরিবর্তনের প্রকৃতি আলোচনা কর। [Explain the nature of conduction of electricity through gases at normal pressure. Discuss how the ionisation would change when the applied voltage is changed.]

2. তড়িৎ মোক্ষণ নলে চাপ ক্রমশঃ কমাইতে থাকিলে উদ্ভূত ঘটনাবলীর বর্ণনা দাও। ক্যাথোড রশ্মি কাহাকে বলে ? [Describe the phenomena of electric discharge when the pressure inside a discharge tube is gradually decreased. What are cathode rays ?]

3. ক্যাথোড রশ্মি কিভাবে উৎপন্ন করা যায় তাহা লিখ। ক্যাথোড রশ্মির ধর্মাবলী আলোচনা কর। পরীক্ষার সাহায্যে কিরূপে ক্যাথোড রশ্মির প্রকৃতি জানা যায় তাহার বর্ণনা দাও। [Describe how

বিজ্ঞানের ক্ষেত্রেঃ এক্স-রশ্মির সাহায্যে পরমাণু ও কেলাসের গঠনশৈলী বিষয়ক নানা মূল্যবান তথ্য জানা সম্ভব। উচ্চতর বৈজ্ঞানিক গবেষণার বিভিন্ন শাখায় এক্স-রশ্মি ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

1-12. এক্স-রশ্মির প্রকৃতি (Nature of X-rays)**:** তড়িৎ অথবা চৌম্বক ক্ষেত্র প্রয়োগ করিলে এক্স-রশ্মি গন্তব্য পথ হইতে বাঁকিয়া যায় না। সুতরাং এক্স-রশ্মি তড়িতাহত কণার সমষ্টি হইতে পারে না। পরবর্তী কালে পরীক্ষার সাহায্যে বিজ্ঞানী ফ্রেডরিক লিপিং এক্স-রশ্মির অপবর্তন, বিজ্ঞানী ব্রাগ (Bragg) এক্স-রশ্মির প্রতিফলন, বিজ্ঞানী ষ্টেনষ্ট্রম এক্স-রশ্মির প্রতিসরণ এবং বিজ্ঞানী কম্পটন এক্স-রশ্মির পূর্ণ প্রতিফলন প্রমাণ করিতে সমর্থ হন। এই সমস্ত ঘটনা প্রমাণ করে যে এক্স-রশ্মি তরঙ্গ-ধর্মী। আমরা জানি উপরের ধর্মাবলী তির্যক তরঙ্গ অথবা অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ উভয় প্রকার তরঙ্গেই বিদ্যমান থাকে। কিন্তু সমবর্তন (polarisation) কেবলমাত্র তির্যক তরঙ্গের ক্ষেত্রেই সম্ভব। পরবর্তী কালে বিজ্ঞানী বার্কলা এক্স-রশ্মির সমবর্তন প্রমাণিত করেন। সুতরাং আমরা বলিতে পারি যে এক্স-রশ্মি আলোকের ন্যায় তির্যক তরঙ্গ এবং তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ। অবশ্য এক্স-রশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য আলোকের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য অপেক্ষা অনেক কম।

উদাহরণমালা

1. একটি ইলেকট্রনের আধানে আহিত 10^{-5} সেমি. ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট কোন জলবিন্দুকে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র প্রয়োগ করিয়া শূন্যে ধরিয়া রাখিতে হইবে। ক্ষেত্রের প্রাবল্য নির্ণয় কর। [A water drop of radius 10^{-5} cm. is charged with 1 electron. Calculate the electric field required to keep it stationary. $e=4{\cdot}80\times10^{-10}$ e. s. u. ; $g=980$ cm./sec^2.]

উঃ নির্ণেয় বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র X হইলে জলবিন্দুর উপর বৈদ্যুতিক আকর্ষণ$=Xe$

জলবিন্দুর ওজন$=mg=\frac{4}{3}\pi a^3\rho g$

যেখানে a=ব্যাসার্ধ এবং ρ=জলের ঘনত্ব।

জলবিন্দুটি শূন্যে স্থির থাকিলে, $Xe=mg=\frac{4}{3}\pi a^3\rho g$

$$\therefore\quad X=\frac{4.\pi a^3\rho g}{3e}=\frac{4\times3{\cdot}14\times(10^{-5})^3\times1\times980}{3\times4{\cdot}8\times10^{-10}}$$

$=8{\cdot}56\times10^{-3}$ ই. এস্. ইউ./সেমি.

2. ইলেকট্রনের গতিবেগ$=10^9$ সেমি./সে. এবং ভর$=9{\cdot}1\times10^{-28}$ গ্রাম হইলে ইলেকট্রনটির গতিশক্তি নির্ণয় কর। ইলেকট্রনের আধান$=4{\cdot}8\times10^{-10}$ ই. এস্. ইউ. [Calculate the energy of an electron moving with a velocity

cathode rays can be produced. Discuss the properties of cathode rays. Explain how the nature of cathode rays can be experimentally established.]

4. তড়িৎ মোক্ষণ ঘটনার কয়েকটি ব্যবহারিক প্রয়োগ লিখ। [Describe some practical applications of electrical discharge phenomena.]

5. সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :—(a) গাইস্লার নল, (b) নিয়ন সাইন, (c) সোডিয়াম বাষ্প বাতি ও (d) ফ্লোরোসেণ্ট বাতি। [Write short notes on : (a) Geissler tubes, (b) Neon sign, (c) Sodium vapour lamp and (d) Fluorescent lamp.]

6. এক্স-রশ্মি কিরূপে আবিষ্কৃত হয়? এক্স-রশ্মি উৎপাদনের একটি পদ্ধতির বর্ণনা দাও। এক্স-রশ্মির ব্যবহারিক প্রয়োগ লিখ। [How were the X-rays discovered ? Describe any method of producing X-rays. State some practical applications of X-rays.]

7. এক্স-রশ্মি কাহাকে বলে? এক্স-রশ্মির ধর্মাবলীর বর্ণনা দাও। সংক্ষেপে এক্স-রশ্মির প্রকৃতি সম্বন্ধে লিখ। [What are X-rays ? Describe the properties of X-rays. Discuss briefly the nature of X-rays.]

8. ক্যাথোড রশ্মির সহিত এক্স-রশ্মির সম্পর্ক কি? [How are the cathode rays related to X-rays ?]

9. ইলেকট্রন-ভোল্ট কাহাকে বলে? আর্গের সহিত ইলেকট্রন-ভোল্টের সম্পর্ক নির্ণয় কর। [What is an electron-volt ? Deduce the relationship between an erg and an electron-volt.]

9788

দ্বিতীয় অধ্যায়

তাপীয় আয়ন নিঃসরণ ও উহার প্রয়োগ

(Thermionic emission and its applications)

2.1. **ইলেকট্রন নিঃসরণ** (Electron emission) : সামগ্রিকভাবে পরমাণু তড়িৎ-উদাসীন। পরমাণুর কেন্দ্রীনে যে পরিমাণ ধনাত্মক আধান থাকে নির্দিষ্ট সংখ্যক ইলেকট্রনেও সমপরিমাণ ঋণাত্মক আধান থাকিবে। ইলেকট্রনগুলি পরমাণুর কেন্দ্রীনকে ঘিরিয়া সর্বদাই গতিশীল থাকে। কোন পরমাণু হইতে এক বা একাধিক ইলেকট্রন বাহির হইয়া গেলে পরমাণুটি ধনাত্মক আয়নে পরিণত হয়।

যে কোন ধাতু কতকগুলি পরমাণুর আয়ন এবং উপযুক্ত সংখ্যক ইলেকট্রন লইয়া গঠিত হয়। সেই সময় পরমাণুর কেন্দ্রীন হইতে সর্বাপেক্ষা দূরত্বে অবস্থিত কক্ষ হইতে এক বা একাধিক ইলেকট্রন মুক্ত হইয়া যায় এবং ইলেকট্রনগুলি পদার্থের মধ্যেই প্রায় মুক্ত অবস্থায় স্বাধীনভাবে ঘোরাফেরা করে। এই সমস্ত ইলেকট্রনগুলিকে **মুক্ত ইলেকট্রন** (free electrons) বলা হয়। এই ইলেকট্রনগুলি প্রায় মুক্তভাবে চলা-ফেরা করিলেও ইলেকট্রন ও পরমাণুর ধনাত্মক আয়নের মধ্যে ক্রিয়মান স্থির তাড়িতিক আকর্ষণের জন্য তাহারা সাধারণভাবে সংশ্লিষ্ট পদার্থকে ছাড়িয়া যাইতে পারে না। তথাকথিত মুক্ত ইলেকট্রনগুলি নির্দিষ্ট কোন আয়নের সহিত যুক্ত থাকে না কিন্তু তাহারা পদার্থটির মধ্যে আয়নগুলির মধ্যে সমবেতভাবে যুক্ত থাকে। যে সমস্ত পদার্থের একক আয়তনে মুক্ত ইলেকট্রনের সংখ্যা খুব বেশী সেই সমস্ত পদার্থগুলি তড়িতের পরিবাহী (conductor) হইবে। একক আয়তনে মুক্ত ইলেকট্রনের সংখ্যা খুব কম হইলে পদার্থটিকে অপরিবাহী (insulator) বলা হয়। অর্ধ-পরিবাহী বস্তুর (semi-conductor) ক্ষেত্রে মুক্ত ইলেকট্রনের সংখ্যাগত মান মাঝামাঝি হইয়া থাকে।

ধাতব পদার্থের মুক্ত ইলেকট্রনগুলি সতত সঞ্চরণশীল এবং তাহাদের গতিশক্তি থাকে। তাপ প্রয়োগের ফলে অথবা অন্যান্য উপায়ে ইলেকট্রনগুলির গতিশক্তি বৃদ্ধি করা যায় এবং উত্তেজিত ইলেকট্রনগুলির গতিশক্তি যথেষ্ট হইলে উহারা ধাতব পদার্থ হইতে বাহির হইয়া আসিবে। আমরা জানি মুক্ত ইলেকট্রন এবং পরমাণুর ধনাত্মক আয়নের মধ্যে স্থির তাড়িতিক আকর্ষণী বল ক্রিয়া করে। কোন ইলেকট্রন যখন পদার্থ হইতে বাহিরে আসে সেই সময় তাহাকে আকর্ষণী বলের বিরুদ্ধে কার্য করিতে হয়। কিন্তু কোন ইলেকট্রন পদার্থ হইতে বাহিরে আসিলেই পদার্থ হইতে সম্পূর্ণ-

ভাবে বিচ্ছিন্ন হইয়া যায় না। ইহার কারণ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে কোন ইলেকট্রন বাহির হইয়া আসিলে ধাতবপদার্থটি ধনাত্মক আধানে আহিত হইয়া উঠে এবং তাহাদের ভিতর আর একটি আকর্ষণী বল ক্রিয়া করিতে থাকে। ইলেকট্রনের গতিশক্তি যথেষ্ট হইলে ইলেকট্রনটি ধাতব পদার্থ হইতে সম্পূর্ণরূপে বিচ্ছিন্ন হইয়া যাইবে। কোন মুক্ত ইলেকট্রনকে কোন পদার্থ হইতে সম্পূর্ণরূপে বিচ্ছিন্ন করিতে হইলে যে পরিমাণ কার্যের প্রয়োজন হয় তাহাকে পদার্থটির **কার্য-অপেক্ষক** (work function) বলে। কার্য-অপেক্ষকের মান বিভিন্ন পদার্থের ক্ষেত্রে বিভিন্ন হইয়া থাকে। কোন পদার্থের কার্য-অপেক্ষক কম হইলে সেই পদার্থ হইতে ইলেকট্রন নিঃসরণ সহজেই ঘটানো সম্ভব। বিভিন্ন পদ্ধতি অবলম্বন করিয়া ধাতব পদার্থ হইতে ইলেকট্রনের নিঃসরণ ঘটানো যাইতে পারে।

2.2. **ইলেকট্রন নিঃসরণের বিভিন্ন পদ্ধতি** (Different methods of electron emission) : ইলেকট্রন নিঃসরণের জন্য সাধারণতঃ চারিটি পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়; যথা :—(a) **তাপীয় নিঃসরণ** (thermal emission); (b) **ফটো-তড়িৎ নিঃসরণ** (photo-electric emission); (c) **ক্ষেত্র নিঃসরণ** (field emission) এবং (d) **গৌণ নিঃসরণ** (secondary emission)।

(a) **তাপীয় নিঃসরণ** : ধাতব পদার্থের ইলেকনট্রগুলি সতত সঞ্চরণশীল এবং তাহাদের গতিশক্তি থাকে। তাপ প্রয়োগ করিলে ইলেকট্রনগুলির গতিশক্তি বাড়িয়া যাইবে। উত্তেজিত ইলেকট্রনের গতিশক্তি পদার্থের কার্য-অপেক্ষকের বেশী হইলে ইলেকট্রনটি পদার্থ হইতে সম্পূর্ণরূপে বিচ্ছিন্ন হইয়া যাইবে। এই ধরনের ঘটনাকে ইলেকট্রনের তাপীয় নিঃসরণ বলা হয়। পদার্থের প্রতি একক ক্ষেত্রফল হইতে প্রতি সেকেণ্ডে যে পরিমাণ ইলেকট্রন নিঃসরিত হইবে তাহার মান পদার্থের চরম তাপমাত্রা এবং পদার্থের প্রকৃতির উপর অর্থাৎ কার্য-অপেক্ষকের উপর নির্ভরশীল। ইলেকট্রনের প্রবাহ ঘটিলে তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিয়া থাকে। ইলেকট্রন নিঃসরণের জন্য তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা I_s; পদার্থটির চরম তাপমাত্রা ও কার্য-অপেক্ষক যথাক্রমে T ও ϕ এবং k=বোল্‌ট্‌জ্‌ম্যানের ধ্রুবক হইলে রিচার্ডসনের সূত্র অনুসারে

$$I_s = AT^2 e^{-\frac{\phi}{kT}}$$ [যেখানে A=ধ্রুবক এবং $e=2{\cdot}718$]

স্পষ্টতঃই তড়িৎ প্রবাহের মান অর্থাৎ ইলেকট্রন নিঃসরণের পরিমাণ পদার্থের তাপমাত্রার উপর এবং কার্য-অপেক্ষকের উপর নির্ভরশীল। তাপমাত্রা দ্বিগুণ করিলে

ইলেকট্রন নিঃসরণের পরিমাণ 10^7 গুণ পর্যন্ত বাড়িয়া যাইতে পারে। যে সমস্ত পদার্থের কার্য-অপেক্ষকের মান অপেক্ষাকৃতভাবে কম সেই সমস্ত পদার্থ হইতে ইলেকট্রন নিঃসরণের হার বেশী হইবে। যে সমস্ত ধাতুর গলনাঙ্ক বেশী এবং যাহাদের কার্য-অপেক্ষক কম সেই সমস্ত ধাতুগুলিকে তাপীয় ইলেকট্রন নিঃসরণের জন্য কাজে লাগানো হয়। টাংস্টেনের গলনাঙ্ক প্রায় $3300°K$ এবং কার্য-অপেক্ষক মাত্র 4·5 ইলেকট্রন-ভোল্ট বলিয়া অধিকাংশ ক্ষেত্রে টাংস্টেনকে নিঃসরক (emitter) হিসাবে ব্যবহৃত করা হয়। পরীক্ষার সাহায্যে দেখা যায় যে টাংস্টেনের উপর থোরিয়ামের প্রলেপ দিলে উহার কার্য-অপেক্ষকের মান মাত্র 2·6 ইলেকট্রন-ভোল্ট হইয়া যায়। এই কারণে অনেক ক্ষেত্রে থোরিয়েটেড টাংস্টেনকে নিঃসরক হিসাবে কাজে লাগানো হয়।

কোন পদার্থ-পৃষ্ঠ হইতে ইলেকট্রনের নিঃসরণকে তরল-পৃষ্ঠ হইতে বাষ্পীভবনের সহিত তুলনা করা যাইতে পারে। ইলেকট্রন নিঃসরণের পরিমাণ পদার্থের তাপমাত্রা ও উহার প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। অনুরূপভাবে তরলের বাষ্পীভবনের হার তরলের তাপমাত্রা এবং সেই সঙ্গে তরলের প্রকৃতির উপরেও নির্ভর করে।

অধিকাংশ ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ইলেকট্রন নিঃসরণের জন্য তাপীয় নিঃসরণ পদ্ধতিকে কাজে লাগানো হয়।

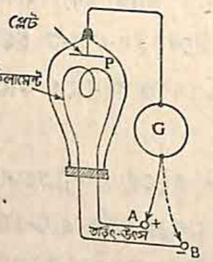
(b) **ফটো-তড়িৎ নিঃসরণ ঃ** কোন ধাতব পৃষ্ঠে উপযুক্ত তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের কোন আলোক আপতিত হইলে ধাতবপৃষ্ঠ হইতে ইলেকট্রন নিঃসরিত হয়। এই ধরনের ঘটনাকে **ফটো-তড়িৎ নিঃসরণ** বলে। যতক্ষণ পর্যন্ত আলোক থাকিবে ততক্ষণ পর্যন্ত ইলেকট্রনের নিঃসরণ ঘটিবে। কোন পদার্থের ক্ষেত্রে আপতিত আলোকের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্দিষ্ট মানের বেশী হইলে আর কোন নিঃসরণ ঘটিবে না। কিন্তু তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্দিষ্ট মানের কম হইলে ইলেকট্রন নিঃসরণের পরিমাণ আপতিত আলোকের তীব্রতার উপর নির্ভর করিবে।

(c) **ক্ষেত্র-নিঃসরণ ঃ** শক্তিশালী তড়িৎ-ক্ষেত্রকে উপযুক্ত অভিমুখে কোন ধাতব-পৃষ্ঠের উপর প্রয়োগ করিলে ধাতব-পৃষ্ঠ হইতে ইলেকট্রন নিঃসরিত হয়। এই ধরনের ঘটনাকে ইলেকট্রনের **ক্ষেত্র-নিঃসরণ** বলে। এই ধরনের নিঃসরণকে অনেক সময় শীতল ক্যাথোড নিঃসরণ (cold cathode emission) নামে অভিহিত করা হয়।

(d) **গৌণ নিঃসরণ ঃ** বাহির হইতে দ্রুতগতি সম্পন্ন ইলেকট্রন আসিয়া ধাতব পৃষ্ঠে আঘাত করিলে শক্তি হস্তান্তরের জন্য পদার্থের ইলেকট্রনগুলির গতিশক্তি বাড়িয়া যাইতে পারে। ইলেকট্রনগুলির লব্ধ গতিশক্তি যথেষ্ট হইলে ইলেকট্রনগুলি ধাতব

পদার্থ হইতে সম্পূর্ণরূপে বিচ্ছিন্ন হইয়া যাইবে ; অর্থাৎ, ইলেকট্রনের নিঃসরণ ঘটিবে। এই ধরনের ঘটনাকেই **গৌণ নিঃসরণ** বলা হয়।

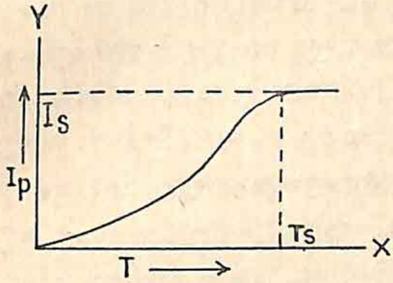
2.3. তাপীয় নিঃসরণের পরীক্ষা (Experiment on thermal emission) : ধাতুকে উত্তপ্ত করিলে ধাতবপৃষ্ঠ হইতে ইলেকট্রন নিঃসরিত হয়। 1882 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী এলষ্টার (Elster) সর্বপ্রথম এই ধরনের ঘটনা লক্ষ্য করেন। 1885 খ্রীষ্টাব্দে এডিসন (Edison) তাপীয় নিঃসরণের পরীক্ষার জন্য বৈদ্যুতিক বাতির ভিতর কার্বনের ফিলামেণ্ট এবং প্লেটের আকারে আর একটি তড়িৎ-দ্বার (P) রাখেন (চিত্র 2ক)। প্লেটের সহিত একটি গ্যাল-ভেনোমিটার যুক্ত থাকে। উপযুক্ত তড়িৎ-উৎসের সহিত ফিলামেণ্টটিকে যুক্ত করিলে ফিলামেণ্টটি ভাস্বর হইয়া উঠে। গ্যালভেনোমিটারের একপ্রান্তকে প্লেটের সহিত যুক্ত রাখিয়া অপর প্রান্তকে ধনাত্মক বিভবযুক্ত বিন্দু A-এর সহিত যুক্ত করিলে দেখা যাইবে যে গ্যালভেনোমিটারের ভিতর তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিতেছে। কিন্তু G-এর অপর প্রান্তকে ঋণাত্মক বিভবযুক্ত বিন্দু B-এর সহিত যুক্ত করা হইলে কোন তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিবে না। গ্যালভেনোমিটারটিকে A-বিন্দুর সহিত যুক্ত করিলে প্লেটের বিভব ধনাত্মক হইবে। সেই সময় তড়িৎ-প্রবাহ ঘটে বলিয়া প্রমাণিত হয় যে ফিলামেণ্ট হইতে নিঃসরিত তড়িতাধানের প্রকৃতি ঋণাত্মক অর্থাৎ উত্তপ্ত ফিলামেণ্ট হইতে ইলেকট্রন নিঃসরিত হয়। প্লেটটিকে ঋণাত্মক রাখিলে ফিলামেণ্ট হইতে নিঃসরিত ঋণাত্মক তড়িৎ-যুক্ত ইলেকট্রনগুলি প্লেট কর্তৃক বিকর্ষিত হইবে। ইহার ফলে প্লেটবর্তনীতে কোন তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিবে না। তাপীয় নিঃসরণের এই ঘটনাকে **এডিসন ক্রিয়া** (Edison effect) বলে। পরবর্তী কালে এডিসন ক্রিয়াকে **তাপীয় আয়ন নিঃসরণ** (thermionic emission) নামে অভিহিত করা হয়।



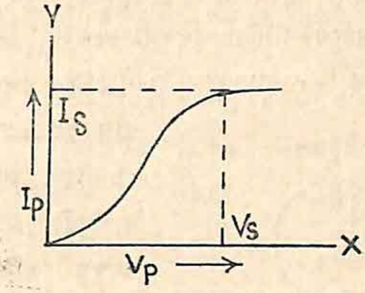
চিত্র—2ক

প্লেট ও ফিলামেণ্টের ভিতর বিভব-প্রভেদ নির্দিষ্ট রাখিয়া, ফিলামেণ্টের তাপমাত্রা বাড়াইতে থাকিলে প্লেট বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ অর্থাৎ প্লেট-প্রবাহ বাড়িতে থাকিবে (চিত্র 2 খ)। যখন তাপমাত্রা কম থাকে তখন ইলেকট্রনের নিঃসরনের হারও কম থাকে এবং ধনাত্মক প্লেটটি নিঃসরিত সমস্ত ইলেকট্রনগুলিকে টানিয়া লইতে সমর্থ হয়। তাপমাত্রা বাড়িতে থাকিলে ইলেকট্রন বেশী পরিমাণে নিঃসরিত হইবে এবং প্লেট-প্রবাহও বাড়িতে থাকিবে। কিন্তু প্লেটের স্থির বিভব-পার্থক্যের জন্য ইলেকট্রন আকর্ষণের হার নির্দিষ্ট হইবে এবং যে তাপমাত্রায় ঐ হারে ইলেকট্রন নিঃসরিত হইবে

সেই সময় প্লেট-প্রবাহ সর্বোচ্চ হইবে। ফিলামেণ্টের তাপমাত্রা আরও বাড়াইলে ইলেকট্রন নিঃসরণের হার বাড়িবে কিন্তু প্লেটটি নির্দিষ্ট হারের বেশী ইলেকট্রন আকর্ষিত করিতে পারিবে না বলিয়া প্লেট-প্রবাহ আর বাড়িবে না। উপরন্তু, প্লেট ও ফিলামেণ্টের অন্তর্বর্তী স্থানে নিঃসরিত ইলেকট্রনের কিছু অংশের সমাবেশ ঘটিবে।



চিত্র—2 খ



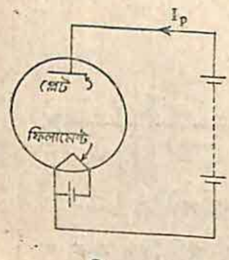
চিত্র—2 গ

এই ধরনের সমাবেশকে স্পেস্-চার্জ (space charge) নামে অভিহিত করা হয়। স্পেস্-চার্জের প্রকৃতি ঋণাত্মক বলিয়া ফিলামেণ্ট হইতে ইলেকট্রনের নিঃসরণ ব্যাহত হইবে ; এমন কি বিকর্ষণের জন্য কিছু পরিমাণ নিঃসরিত ইলেকট্রন পুনরায় ফিলামেণ্টে ফিরিয়া যাইবে, এই সমস্ত কারণে প্লেট-প্রবাহ আর বাড়িতে পারে না। প্লেট বর্তনীতে প্রবাহিত সর্বোচ্চ তড়িৎ-প্রবাহকে সংপৃক্ত প্রবাহ (saturated current) বলা হয়। চিত্রে I_s সংপৃক্ত তড়িৎপ্রবাহ সূচিত করিতেছে।

ফিলামেণ্টের তাপমাত্রা নির্দিষ্ট রাখিয়া প্লেটের বিভব-পার্থক্য বাড়াইতে থাকিলে প্লেট-প্রবাহ বাড়িতে থাকিবে এবং বিভব-পার্থক্যের নির্দিষ্ট মানে প্লেট-প্রবাহ সর্বোচ্চ হইবে (চিত্র 2 গ)। এই প্রবাহকে সংপৃক্ত প্রবাহ (I_s) বলা হয়। ইহার কারণ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে ফিলামেণ্টের তাপমাত্রা নির্দিষ্ট বলিয়া ইলেকট্রন নিঃসরণের হার নির্দিষ্ট হইবে। কিন্তু বিভব-পার্থক্য কম থাকিলে প্লেট নিঃসরিত সমস্ত ইলেকট্রনগুলিকে আকর্ষণ করিতে পারিবে না। ইহার ফলে প্লেট ও ফিলামেণ্টের মধ্যবর্তী স্থানে নিঃসরিত ইলেকট্রনের কিছু অংশ স্পেস্-চার্জ হিসাবে জমা হইবে। বিভব-পার্থক্য বাড়াইলে আরও বেশী পরিমাণে ইলেকট্রন আকর্ষিত হইবে এবং প্রবাহ-মাত্রা বাড়িয়া যাইবে। অবশেষে নির্দিষ্ট বিভব-পার্থক্যে যে হারে ইলেকট্রন নিঃসরিত হয় সেই হারে প্লেটটি ইলেকট্রনগুলিকে আকর্ষণ করিবে। সেই সময় সংপৃক্ত প্লেট-প্রবাহ (I_s) পাওয়া যাইবে। ফিলামেণ্টের নির্দিষ্ট তাপমাত্রার জন্য ইলেকট্রন নিঃসরণের হার নির্দিষ্ট বলিয়া বিভব-পার্থক্য বাড়াইলেও প্লেট-প্রবাহ

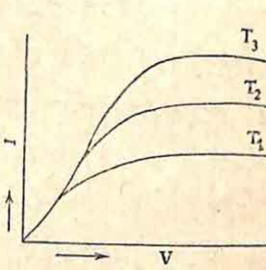
আর বাড়িবে না। তাপীয় আয়ন নিঃসরণকে বিভিন্ন ধরনের তাপীয় আয়ন ভাল্‌ভ (thermionic valves) তৈয়ারীর কাজে ব্যবহার করা হয়।

2.4. দ্বি-তড়িৎদ্বার ভাল্‌ভ বা ডায়োড (Diode): 1904 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী ফ্লেমিং ডায়োড আবিষ্কার করেন। ডায়োডের কার্য্যকারিতা তাপীয় আয়ন নিঃসরণের নীতির উপর নির্ভরশীল। এই যন্ত্রে বায়ুশূন্য কাচের কুণ্ডে দুইটি তড়িৎ-দ্বার থাকে। ঋণাত্মক তড়িৎ-দ্বারটিকে বলা হয় ফিলামেণ্ট এবং ধনাত্মক তড়িৎ-দ্বারটিকে বলা হয় প্লেট (চিত্র 2 ঘ)। ব্যাটারী B-এর সাহায্যে প্লেটটিকে ফিলামেণ্টের সাপেক্ষে ধনাত্মক বিভবে রাখা হয়। ব্যাটারী B_1-এর সাহায্যে ফিলামেণ্টকে উত্তপ্ত করিয়া ভাস্বর করিলে ফিলামেণ্ট হইতে ইলেকট্রন নিঃসরিত হইবে এবং ইলেকট্রনগুলি প্লেট কর্তৃক আকর্ষিত হইয়া তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি করিবে। বর্তনীতে ইলেকট্রন প্রবাহ ঘড়ির কাঁটার অভিমুখে হইলে প্রচলিত নিয়ম অনুসারে তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখ ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে হইবে। ফিলামেণ্ট সাপেক্ষে প্লেটটিকে ঋণাত্মক বিভবে রাখিলে নিঃসরিত ইলেকট্রনগুলি প্লেট কর্তৃক আকর্ষিত না হইয়া বিকর্ষিত হইবে। সুতরাং প্লেটের ভিতর দিয়া কোন তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিবে না। অর্থাৎ ফিলামেণ্ট সাপেক্ষে প্লেটটি ধনাত্মক থাকিলে তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিবে কিন্তু ঋণাত্মক থাকিলে কোন তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিবে না। ডায়োডের এই ধর্মের সাহায্যে পরিবর্তী প্রবাহকে একমুখী প্রবাহে রূপান্তরিত করা সম্ভব।



চিত্র—2ঘ

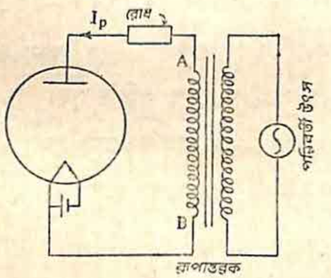
ক্যাথোডের তাপমাত্রা নির্দিষ্ট রাখিয়া ক্যাথোড সাপেক্ষে প্লেটের ধনাত্মক বিভব (V) বাড়াইতে থাকিলে তড়িৎ-প্রবাহ (I) আস্তে আস্তে বাড়িয়া সংপৃক্ত মানে পৌঁছাইবে (চিত্র 2ঙ)। সংপৃক্ত প্রবাহের সময় ক্যাথোড হইতে নিঃসরিত সকল ইলেকট্রনকে প্লেটটি আকর্ষণ করিতে পারিবে। তাহার পরে বিভেব-প্রভেদ আরও বাড়াইলে তড়িৎ-প্রবাহ আর বাড়িবে না। কিন্তু ফিলামেণ্টের তাপমাত্রা বিভিন্ন হইলে সংপৃক্ত প্রবাহের মান স্পষ্টতঃই বিভিন্ন হইবে। যদি $T_3 > T_2 > T_1$ হয় তাহা হইলে সংপৃক্ত প্রবাহের মান প্রথম ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ এবং তৃতীয় ক্ষেত্রে সর্বনিম্ন হইবে।



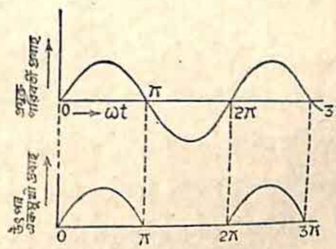
চিত্র—2 ঙ

2.5. ডায়োডের ব্যবহার—একমুখীকরণ (Uses of diode—Rectification): ডায়োডের সাহায্যে পরিবর্তী প্রবাহকে একমুখী প্রবাহে রূপান্তরিত করা যায়। ক্যাথোডের সাপেক্ষে প্লেটের বিভব ধনাত্মক হইলে ক্যাথোড হইতে নিঃসরিত ইলেকট্রনগুলি প্লেট কর্তৃক আকর্ষিত হইবে এবং বর্তনীতে তড়িৎ-প্রবাহ সংঘটিত হইবে। কিন্তু ক্যাথোডের সাপেক্ষে প্লেটের বিভব ঋণাত্মক হইলে ক্যাথোড হইতে নিঃসরিত ইলেকট্রনগুলিকে ঋণাত্মক প্লেট বিকর্ষিত করিবে এবং বর্তনীতে কোন তড়িৎ-প্রবাহ থাকিবে না। সুতরাং ডায়োড কেবলমাত্র একটি দিকেই তড়িৎ-প্রবাহ ঘটাইতে পারে এবং ডায়োডের এই ধর্মকে **একমুখীকরণ** বলা হয়। একমুখীকরণ দুই প্রকারের হইতে পারে, যথা :—(*a*) অর্ধতরঙ্গ একমুখীকরণ (half-wave rectification) এবং (*b*) পূর্ণ-তরঙ্গ একমুখীকরণ (full-wave rectification)।

(*a*) **অর্ধতরঙ্গ একমুখীকরণ :** 2 চ নং চিত্রে ডায়োডের সাহায্যে পরিবর্তী প্রবাহকে কিভাবে অর্ধতরঙ্গ একমুখীকরণ করা সম্ভব তাহা দেখানো হইয়াছে। উপযুক্ত ধরনের রূপান্তরক (transformer)-এর সাহায্যে পরিবর্তী উৎসের বিভব-প্রভেদকে প্রয়োজনমত কমানো অথবা বাড়ানো হয় এবং গৌণ কুণ্ডলীর *A* বিন্দুকে



চিত্র—2চ

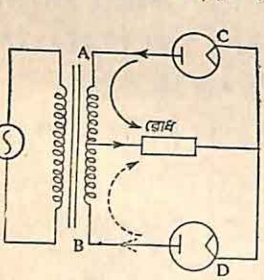


চিত্র—2ছ

রোধের মধ্যদিয়া প্লেটের সহিত ও *B* বিন্দুকে ক্যাথোডের সহিত যুক্ত করা হয়। উৎসটি পরিবর্তী ধরনের বলিয়া *A* বিন্দুটি পর্যায়ক্রমে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক হইবে। মনে কর, পরিবর্তী প্রবাহের প্রথম অর্ধচক্রের সময় *A* বিন্দুটি ধনাত্মক। সেইসময় ক্যাথোড সাপেক্ষে প্লেটটি ধনাত্মক থাকিবে এবং রোধের ভিতর দিয়া তীর চিহ্নিত অভিমুখে তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিতে থাকিবে। কিন্তু পরবর্তী অর্ধচক্রের সময় *A* বিন্দুটি ঋণাত্মক এবং *B* বিন্দুটি ধনাত্মক হইবে। এই সময়ে প্লেটটি ক্যাথোডের সাপেক্ষে ঋণাত্মক থাকায় প্লেটের ভিতর দিয়া অর্থাৎ রোধের ভিতর দিয়া কোন তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিবে না। পরবর্তী অর্ধচক্রে *A* বিন্দুটি পুনরায় ধনাত্মক হইবে এবং পূর্বে বর্ণিত

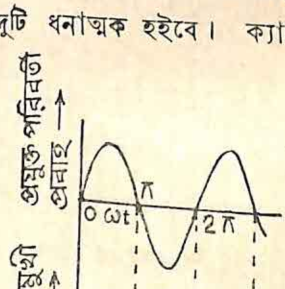
ঘটনার পুনরাবৃত্তি ঘটিতে থাকিবে। সুতরাং প্রথম অর্ধচক্রে রোধের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিলে পরবর্তী তৃতীয়, পঞ্চম, সপ্তম,……ইত্যাদি অর্ধচক্রে পুনরায় তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিবে। কিন্তু সকল ক্ষেত্রেই তীরচিহ্নিত অভিমুখে তড়িৎ প্রবাহিত হইবে। 2 ছ নং চিত্রে প্রযুক্ত পরিবর্তী প্রবাহ এবং উৎপন্ন একমুখী প্রবাহের সময়ের সহিত লেখচিত্র দেওয়া হইল। স্পষ্টতঃই প্রযুক্ত পরিবর্তী প্রবাহের যে কোন পূর্ণতরঙ্গের পরিপ্রেক্ষিতে একমুখী অর্ধতরঙ্গ পাওয়া যায়। এইজন্যই এই ঘটনাকে অর্ধতরঙ্গ একমুখীকরণ বলা হয়। মনে রাখিতে হইবে যে উৎপন্ন প্রবাহ একমুখী হইলেও প্রবাহ অবিরাম নহে। তাছাড়া উৎপন্ন একমুখী প্রবাহের বিস্তার সব সময়েও এক থাকেনা।

(*b*) **পূর্ণতরঙ্গ একমুখীকরণ ঃ** 2 জ নং চিত্রে C ও D দুইটি ডায়োড এবং তাহাদের ক্যাথোড দুইটি পরস্পর যুক্ত থাকে। উপযুক্ত ধরনের রূপান্তরকের সাহায্যে পরিবর্তী উৎসের বিভবপ্রভেদকে প্রয়োজনমত কমানো অথবা বাড়ানো হয় এবং গৌণকুণ্ডলীর A ও B বিন্দুকে যথাক্রমে প্রথম ও দ্বিতীয় ডায়োডের প্লেটের সহিত যুক্ত করা হয়। তাছাড়া রোধের একপ্রান্তকে গৌণকুণ্ডলীর মধ্যবিন্দুর সহিত এবং অপরপ্রান্তকে ক্যাথোডদ্বয়ের সংযোগী তারের সহিত যুক্ত করা হয়।



চিত্র—2জ

পরিবর্তী প্রবাহের যে কোন অর্ধতরঙ্গের সময় A বিন্দুটি ধনাত্মক হইলে পরবর্তী অর্ধতরঙ্গের সময় B বিন্দুটি ধনাত্মক হইবে। ক্যাথোড সাপেক্ষে A বিন্দুটি যখন ধনাত্মক থাকে সেই সময় C ডায়োডের জন্য তীরচিহ্নিত অভিমুখে রোধের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিবে। পরবর্তী অর্ধতরঙ্গের সময় B বিন্দুটি ধনাত্মক হইবে এবং D ডায়োডের জন্য বিচ্ছিন্ন (dotted) তীরচিহ্নের অভিমুখে রোধের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিবে। যে কোন ডায়োডের জন্যই তড়িৎ-প্রবাহ ঘটুক না

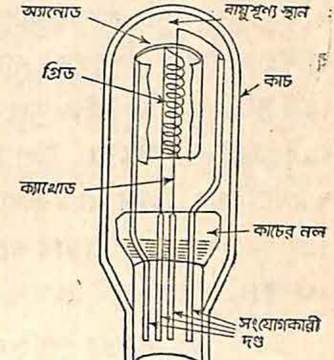


চিত্র—2ঝ

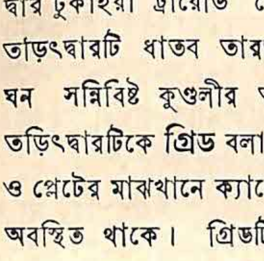
কেন, রোধের ভিতর দিয়া সবসময়েই একই অভিমুখে তড়িৎ-প্রবাহ সঞ্চালিত হইবে। এই ব্যবস্থায় প্রযুক্ত পরিবর্তী প্রবাহের জন্য উৎপন্ন একমুখী প্রবাহ কি

ধরনের হইবে তাহা 2ঝ নং চিত্রে দেখানো হইল। এইক্ষেত্রে রোধের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ অবিরাম হইলেও প্রবাহিত একমুখী তরঙ্গের বিস্তার সব সময় এক থাকে না।

2.6. ত্রিতড়িৎদ্বার ভালভ্ বা ট্রায়োড (Triode): ডায়োডে দুইটি তড়িৎদ্বার, যথা ক্যাথোড এবং প্লেট থাকে। 1907 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী ড্য ফরেষ্ট ডায়োডের ভিতরে আর একটি অতিরিক্ত তড়িৎ-দ্বার ঢুকাইয়া ট্রায়োড তৈয়ারী করেন। তৃতীয় তাড়ৎদ্বারটি ধাতব তারজালির আকারে অথবা ঘন সন্নিবিষ্ট কুণ্ডলীর আকারে থাকে বলিয়া তড়িৎদ্বারটিকে **গ্রিড** বলা হয় এবং ইহা ক্যাথোড ও প্লেটের মাঝখানে ক্যাথোডের অধিকতর নিকটে অবস্থিত থাকে। গ্রিডটি সাধারণতঃ সম অক্ষীয় ভাবে ক্যাথোডকে ঘিরিয়া রাখে। এই ভালভে তিনটি তড়িৎ-দ্বার থাকে বলিয়া উহাকে **ট্রায়োড** বলা হয়। 2ঞ নং চিত্রে ট্রায়োডের সাধারণ আকৃতি এবং গঠনশৈলী দেখানো হইয়াছে।



চিত্র—2ঞ



চিত্র—2ট

2ট নং চিত্রে একটি ট্রায়োডের নক্সা দেখানো হইয়াছে এবং বর্তনীতে বিভিন্ন তড়িৎ দ্বারগুলি কিভাবে যুক্ত থাকে তাহা দেখানো হইয়াছে। ফিলামেণ্টটিকে অল্প ভোল্টেজের ব্যাটারী দিয়া উত্তপ্ত করা হয় এবং প্লেটকে ফিলামেণ্ট সাপেক্ষে ধনাত্মক বিভবে রাখা হয়। ফিলামেণ্ট সাপেক্ষে গ্রিডের বিভব প্রয়োজন অনুসারে ধনাত্মক অথবা ঋণাত্মক রাখা হয়।

গ্রিডের কাজ (Action of the grid): ট্রায়োডে ক্যাথোড এবং প্লেটের মাঝখানে ধাতব তারজালির আকারে অথবা ঘনসন্নিবিষ্ট কুণ্ডলীর আকারে গ্রিড অবস্থিত থাকে। গ্রিডের বিভব শূন্য হইলে সাধারণ অবস্থায় ক্যাথোড হইতে নির্গত ইলেকট্রন প্রায় বিনা বাধায় গ্রিডের অসংখ্য ফাঁকের ভিতর দিয়া প্লেটে পৌঁছাইতে পারে। বিভব-পার্থক্য কম থাকিলে নির্গত সমস্ত ইলেকট্রনকে প্লেটে আকর্ষণ করিতে পারে না। ইহার ফলে প্লেট ও ফিলামেণ্টের মধ্যবর্তী স্থানে নিঃসরিত

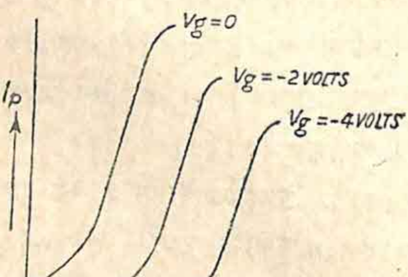
ইলেকট্রনের কিছু অংশ স্পেস্-চার্জ হিসাবে জমা হয়। স্পেস্-চার্জের প্রকৃতি ঋণাত্মক বলিয়া ফিলামেণ্ট হইতে ইলেকট্রনের নিঃসরণ ব্যাহত হইবে ; এমন কি বিকর্ষণের জন্য কিছু পরিমাণ নিঃসরিত ইলেকট্রন পুনরায় ফিলামেণ্টে ফিরিয়া যাইবে। প্লেটের ধনাত্মক বিভব বাড়াইতে থাকিলে প্লেট-প্রবাহ অল্প অল্প করিয়া বাড়িতে থাকিবে এবং অবশেষে সংপৃক্ত মান লাভ করিবে। কিন্তু প্লেটের ধনাত্মক বিভব না বাড়াইয়া ফিলামেণ্ট সাপেক্ষে গ্রিডকে ধনাত্মক করিলে গ্রিড নির্গত ইলেকট্রনগুলিকে আকর্ষণ করিবে এবং স্পেস্-চার্জের পরিমাণকে কমাইয়া দিবে। ইহার ফলে প্লেটের প্রবাহ বাড়িয়া যাইবে। ফিলামেণ্ট সাপেক্ষে গ্রিডের বিভব ঋণাত্মক হইলে নির্গত ইলেকট্রন গ্রিড দ্বারা বিকর্ষিত হইবে এবং স্পেস্-চার্জের মাত্রা বাড়িয়া যাইবে। ইহার ফলে প্লেট-প্রবাহ কম হইবে। ফিলামেণ্টের অধিকতর নিকটে গ্রিড থাকে বলিয়া গ্রিডের অল্প পরিমাণ বিভব প্লেট-প্রবাহকে যথেষ্ট পরিমাণে পরিবর্তিত করিতে সমর্থ হয়। গ্রিডের অসংখ্য ছিদ্র থাকার জন্য উহাতে বেশী সংখ্যায় ইলেকট্রন জমিতে পারে না। এই কারণে গ্রিড বর্তনীতে তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা খুব কম হইয়া থাকে।

2.7. **ট্রায়োডের স্থৈতিক বৈশিষ্ট্য লেখ** (Static characteristic curves of the triode) : ফিলামেণ্টের তাপমাত্রা নির্দিষ্ট আছে বলিয়া ধরা হইল। সেক্ষেত্রে ট্রায়োডের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পরিবর্তিত করিতে হইলে

(i) প্লেটে প্রযুক্ত ধনাত্মক বিভবকে পরিবর্তিত করিতে হইবে, অথবা

(ii) গ্রিডে প্রযুক্ত বিভবকে পরিবর্তিত করিতে হইবে।

(i) **অ্যানোড বৈশিষ্ট্য** (Anode characteristics) : ট্রায়োডের নিঃসরকের তাপমাত্রা এবং গ্রিডের বিভব নির্দিষ্ট রাখিয়া প্লেটের ধনাত্মক বিভবকে পরিবর্তিত করিলে প্লেট-প্রবাহ পরিবর্তিত হইবে। প্লেট-বিভব ও প্লেট-প্রবাহের লেখকে **অ্যানোড বৈশিষ্ট্য বা প্লেট বৈশিষ্ট্য** বলা হয়। 2ঠ নং চিত্রে বিভিন্ন মানের নির্দিষ্ট গ্রিড বিভবের জন্য অ্যানোড বৈশিষ্ট্য দেখানো হইয়াছে। এইক্ষেত্রে অ্যানোড এবং ক্যাথোডের মধ্যে বিভব পার্থক্যকে V_a দ্বারা ; প্লেট-প্রবাহকে I_p দ্বারা এবং গ্রিড বিভবকে V_g দ্বারা সূচিত করা হইয়াছে। প্লেটের ধনাত্মক বিভব-পার্থক্য বাড়াইতে থাকিলে

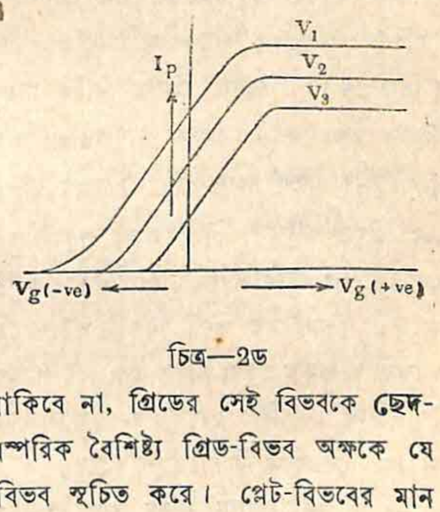


চিত্র—2ঠ

ক্যাথোড হইতে নির্গত ইলেকট্রন বেশী পরিমাণে প্লেট কর্তৃক আকর্ষিত হইবে। ইহার ফলে প্লেট-প্রবাহ বাড়িয়া যাইবে। বিভব-পার্থক্য বাড়াইতে থাকিলে প্লেট-প্রবাহও বাড়িতে বাড়িতে সংপৃক্ত মানে পৌঁছাইবে। তাহার পর বিভব-পার্থক্য বাড়াইলেও তড়িৎ-প্রবাহ আর বাড়িবে না। গ্রিড বিভব যত বেশী ঋণাত্মক হইবে নির্দিষ্ট প্লেট-বিভবের জন্য তড়িৎ-প্রবাহ তত কম হইবে।

লেখগুলির উপরের ও নীচের অংশ বক্র এবং মধ্যের অংশ প্রায় সরলরৈখিক। তাছাড়া বিভিন্ন লেখচিত্রে সরলরৈখিক অংশগুলি মোটামুটিভাবে পরস্পর সমান্তরাল।

(ii) **পারস্পরিক বৈশিষ্ট্য** (Mutual characteristics): প্লেট বিভবকে নির্দিষ্ট রাখিয়া গ্রিড বিভব ও প্লেট প্রবাহের মধ্যে লেখচিত্র অঙ্কিত করিলে যে লেখ পাওয়া যায় তাহাকে **পারস্পরিক বৈশিষ্ট্য** বলা হয় (চিত্র 2 ড)। চিত্রে গ্রিড বিভবকে V_g দ্বারা, প্লেট-প্রবাহকে I_p দ্বারা এবং প্লেট-বিভবকে V_1, V_2, V_3 দ্বারা সূচিত করা হইয়াছে। লেখ হইতে দেখা যায় যে গ্রিড-বিভবের মান নির্দিষ্ট পরিমাণের বেশী হইলে প্লেট-প্রবাহ সংপৃক্ত মানে পৌঁছাইবে। অপরপক্ষে গ্রিড বিভব নির্দিষ্ট পরিমাণের কম হইলে আর কোন প্লেট-প্রবাহ থাকিবে না। গ্রিডের সর্বোচ্চ যে বিভব



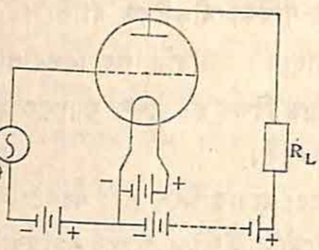
চিত্র—2ড

প্রযুক্ত করিলে আর কোন প্লেট-প্রবাহ থাকিবে না, গ্রিডের সেই বিভবকে **ছেদ-বিভব** (cut-off bias) বলা হয়। পারস্পরিক বৈশিষ্ট্য গ্রিড-বিভব অক্ষকে যে বিন্দুতে ছেদ করে সেই বিন্দুটি ছেদ-বিভব সূচিত করে। প্লেট-বিভবের মান বাড়াইলে ছেদ বিভবের মান স্পষ্টতঃই বাড়িয়া যাইবে।

লেখগুলির মধ্যেকার অংশ প্রায় সরলরৈখিক হইলেও উহাদের উপরের ও নীচের অংশ বক্র। তাছাড়া সরলরৈখিক অংশগুলি পরস্পর সমান্তরাল।

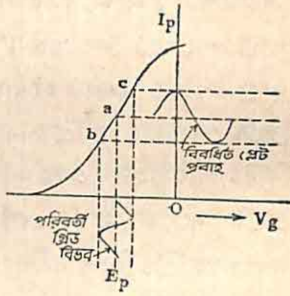
2.8. **বিবর্ধকরূপে ট্রায়োডের ব্যবহার** (Use of a triode as an amplifier): ট্রায়োডে ফিলামেণ্টের অধিকতর নিকটে গ্রিড থাকে বলিয়া গ্রিডে প্রযুক্ত অল্প পরিমাণ বিভব প্লেট-প্রবাহকে যথেষ্ট পরিমাণে পরিবর্তিত করিতে সমর্থ হয়। ট্রায়োডকে এইভাবে ব্যবহার করিলে ট্রায়োড বিবর্ধক হিসাবে কাজ করিবে। ট্রায়োডকে বিবর্ধক হিসাবে ব্যবহৃত করিতে হইলে কিভাবে বর্তনী সংযোগ

করিতে হইবে তাহা 2চ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। প্লেট বর্তনীতে একটি রোধ (R_l)রাখা হয় এবং রোধের প্রান্তদ্বয় হইতে বিবর্ধিত বিভব-প্রভেদ পাওয়া যায়। অল্প বিস্তারের পরিবর্তী প্রবাহের উৎস e_g-কে গ্রিড বর্তনীতে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করা হয়। ট্রায়োডের নীতি অনুযায়ী গ্রিড বর্তনীতে পরিবর্তী প্রবাহের জন্য প্লেট বর্তনীতে বিবর্ধিত পরিবর্তী প্রবাহের সৃষ্টি হইবে।



চিত্র—2চ

বিবর্ধনের সময় মনে রাখিতে হইবে যে বিবর্ধিত তরঙ্গের আকৃতি যেন প্রযুক্ত তরঙ্গের আকৃতির অনুরূপ হয়। ইহার জন্য প্রযুক্ত গ্রিড বিভবের মানকে এমন করিতে হইবে যাহাতে কার্যকর বিন্দুটি পারস্পরিক বৈশিষ্ট্য লেখর ঋজু অংশের মাঝামাঝি a বিন্দুতে থাকে (চিত্র 2ণ)। এইজন্য গ্রিডে নির্দিষ্ট মানের ঋণাত্মক বিভব দেওয়া হয়। লেখটি কার্যকর অংশে ঋজু বলিয়া বিবর্ধনের ফলে প্রাপ্ত পরিবর্তী প্লেট-প্রবাহের প্রকৃতি এবং প্রযুক্ত পরিবর্তী গ্রিডবিভবের প্রকৃতি একই হইবে। রেডিও এবং টেলিভিশনে ট্রায়োড বিবর্ধক হিসাবে কাজ করে। বিবর্ধনের ফলে বিকৃতি ঘটিলে রেডিওর গান বেসুরা ও কর্কশ হইয়া উঠিত এবং টেলিভিশনে বিকৃত ছবি দেখা যাইত। পারস্পরিক বৈশিষ্ট্যের লেখটির কার্যকর অংশ যত খাড়া হইবে প্লেট-প্রবাহ তত বাড়িয়া যাইবে। অর্থাৎ, সেক্ষেত্রে বিবর্ধন বেশী হইবে।



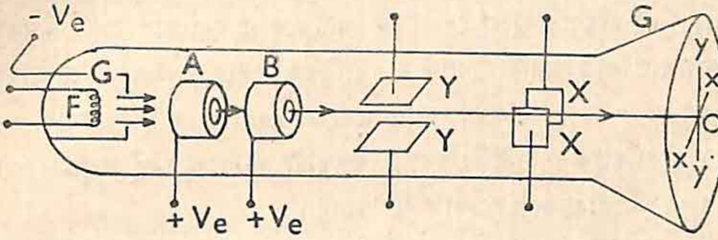
চিত্র—2ণ

2.9. ক্যাথোড রশ্মি অসিলোগ্রাফ (Cathode ray oscillograph) : **কার্যনীতি** (Principle) : দ্রুতগামী ইলেকট্রন প্রবাহকে ক্যাথোড রশ্মি বলা হয় এবং বৈদ্যুতিক ও চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে ক্যাথোড রশ্মি বাঁকিয়া যায়। তাছাড়া প্রতিপ্রভ পর্দায় ক্যাথোড রশ্মি প্রতিপ্রভার সৃষ্টি করে। ক্যাথোড রশ্মির এই ধর্মগুলিকে ক্যাথোড রশ্মি অসিলোগ্রাফ তৈয়ারীর কাজে লাগানো হয়।

বর্ণনা (Description) : নিম্নলিখিত মূল অংশগুলি লইয়া যন্ত্রটি গঠিত :—

(i) **ইলেকট্রন বন্দুক** (electron gun) ; (ii) **উপযুক্ত বৈদ্যুতিক অথবা চৌম্বক ক্ষেত্রের ব্যবস্থা** এবং (iii) **প্রতিপ্রভ পর্দা**। বিশেষ কাজের জন্য যন্ত্রটিতে সময় সূচিত করিবারও ব্যবস্থা রাখা হয়।

2ত নং চিত্রে যন্ত্রটির সাধারণ গঠন প্রণালী দেখানো হইয়াছে। তড়িৎ-প্রবাহের সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে টাংস্টেন বা প্লাটিনামের তৈয়ারী ফিলামেণ্ট F-হইতে তাপীয় নিঃসরণের জন্য ইলেকট্রন নির্গত হইবে। ফিলামেণ্টকে ঘিরিয়া একটি ধাতব চোঙ (G) থাকে এবং ইহাকে গ্রিড বলা হয়। ফিলামেণ্ট সাপেক্ষে চোঙটির বিভব ঋণাত্মক (−ve) রাখা হয়। ইহার ফলে ফিলামেণ্ট হইতে নির্গত ইলেকট্রনগুলি একটি সূক্ষ্ম রশ্মির আকার ধারণ করে। চোঙটির বিভবের মান পরিবর্তিত করিয়া



চিত্র—2ত

ইলেকট্রনের সংখ্যা এবং সেই সঙ্গে উজ্জ্বলতা নিয়ন্ত্রিত করা যায়। A ও B ধনাত্মক বিভব যুক্ত (+ve) তড়িৎ-দ্বার এবং ইহাদিগকে অ্যানোড বলা হয়। অ্যানোড দুইটি দেখিতে বেলনের মত এবং তাহাদের অক্ষ বরাবর সরু ছিদ্র থাকে। তাছাড়া, দ্বিতীয় অ্যানোডটির বিভব প্রথমটির বিভবের তুলনায় কয়েক গুণ বেশী থাকে। F, G, A এবং B, ইহাদের সমন্বয়কে ইলেকট্রন বন্দুক বলিয়া অভিহিত করা হয়। অ্যানোড দুইটির জন্য ইলেকট্রনগুলিতে যথেষ্ট পরিমাণ ত্বরণের সৃষ্টি হয় এবং তাহারা প্রতিপ্রভ পর্দার উপর আপতিত হইয়া O বিন্দুতে প্রতিপ্রভার সৃষ্টি করে।

বৈদ্যুতিক বা চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে ক্যাথোড রশ্মি বাঁকিয়া যায়। সাধারণতঃ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র প্রয়োগ করিয়া বিক্ষেপ ঘটানো হয়। প্রদর্শিত ব্যবস্থায় Y,Y দুইটি সমান্তরাল অনুভূমিক প্লেট এবং X, X প্লেট দুইটিকে উল্লম্বতলে সমান্তরালভাবে রাখা হইয়াছে। Y, Y প্লেটে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র প্রয়োগ করিলে ইলেকট্রন রশ্মি ধনাত্মক প্লেটের দিকে বাঁকিয়া যাইবে এবং প্রতিপ্রভ আলোকবিন্দুটিও O বিন্দু হইতে যথাযথভাবে সরিয়া যাইবে। কিন্তু Y, Y প্লেট দুইটিতে পরিবর্তী বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রে প্রয়োগ করিলে প্রতিপ্রভ বিন্দুটি পর্দায় Y অক্ষ বরাবর যাতায়াত করিবে এবং একটি উল্লম্ব রেখা (চিত্রে y y) উৎপন্ন করিবে। অনুরূপভাবে X, X প্লেটে পরিবর্তী বিভব প্রভেদ প্রয়োগ করিলে প্রতিপ্রভ বিন্দুটি পর্দায় X-অক্ষ বরাবর অনুভূমিক রেখা

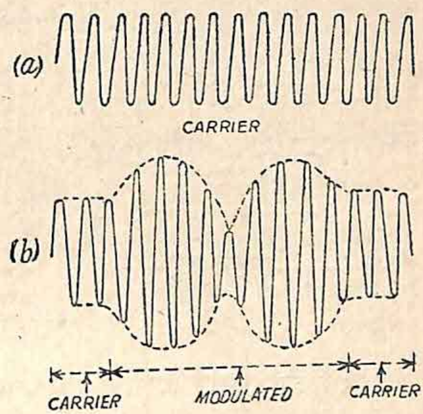
($x\,x$) উৎপন্ন করিবে। কিন্তু একই সঙ্গে $Y\,Y$ এবং $X\,X$ প্লেটে পরিবর্তী বিভব-প্রভেদ প্রয়োগ করা হইলে ইলেকট্রন রশ্মি লব্ধ গতি পাইবে এবং প্রতিপ্রভ পর্দায় লব্ধ গতির চিত্র পাওয়া যাইবে।

ব্যবহার (Uses): ক্যাথোড রশ্মি অস্‌সিলোগ্রাফ বিজ্ঞানে, প্রযুক্তি বিদ্যায়, চিকিৎসা-শাস্ত্রে এবং গবেষণার কাজে বিভিন্নভাবে এবং অপরিহার্যরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। এই যন্ত্রের সাহায্যে অল্পমানের পরিবর্তী বিভব, বর্তনীর বৈশিষ্ট্য, কম্পাঙ্ক, তরঙ্গের আকৃতি, চৌম্বক পদার্থের হিষ্টারিসিস (hysteresis) ইত্যাদি নিখুঁতভাবে মাপা যায়। এই যন্ত্রের সাহায্যে বৈদ্যুতিক মোটর ও ডায়নামোর ত্রুটি নির্ণয় করা যায়। ক্যাথোড রশ্মি অস্‌সিলোগ্রাফ না থাকিলে রাডার (radar) ও টেলিভিশনের প্রচলন সম্ভব হইত না। চিকিৎসা-শাস্ত্রে electro-cardiograph পাইবার জন্য ঐ যন্ত্র ব্যবহৃত হইয়া থাকে। বিভিন্ন ধরনের ক্ষণস্থায়ী ঘটনাকে নিখুঁতভাবে পর্যবেক্ষণ করার জন্য আস্‌সিলোগ্রাফের ব্যবহার অপরিহার্য।

2.10. বেতার বা রেডিও (Radio): তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গের সাহায্যে একস্থান হইতে অন্য স্থানে শব্দ পাঠানোর ব্যবস্থাকে **বেতার** বা **রেডিও** বলা হয়। দুইটি স্থানের ভিতর টেলিগ্রাফ বা টেলিফোনের সাহায্যে সংবাদ আদান-প্রদান করিতে হইলে স্থান দুইটির মধ্যে তারের সংযোগ থাকা দরকার। কিন্তু উপরে বর্ণিত ব্যবস্থায় কোন তারের দরকার হয় না বলিয়া ঐ ব্যবস্থাকে বেতার বলা হয়। 1895 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী মার্কনী রেডিও আবিষ্কার করেন। উত্তরোত্তর গবেষণার জন্য বর্তমানে বেতার-যন্ত্রের উৎকর্ষতা বহুল পরিমাণে বৃদ্ধি পাইয়াছে।

বেতার কেন্দ্রে যখন কোন ব্যক্তি মাইক্রোফোনের সম্মুখে কথা বলেন বা গান করেন তখন মাইক্রোফোনের পর্দার কম্পনের জন্য বর্তনীতে পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি হয়। মূল শব্দের কম্পাঙ্ক ও বিস্তার অনুযায়ী উদ্ভূত পরিবর্তী প্রবাহের কম্পাঙ্ক ও বিস্তার পরিবর্তিত হয়। সুতরাং বলা যাইতে পারে যে মাইক্রোফোনের জন্য শব্দ শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হইল। মূল শব্দের জন্য উৎপন্ন পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহের কম্পাঙ্কগুলিকে **শ্রাব্য-কম্পাঙ্ক** (audio-frequencies) বলা হয় এবং কম্পাঙ্ক ও বিস্তার কম বলিয়া শ্রাব্য-কম্পাঙ্কের তড়িৎ-তরঙ্গকে এককভাবে ঈথার মাধ্যমের ভিতর দিয়া দূরে পাঠানো যায় না। এই অসুবিধা দূর করার জন্য প্রথমে শ্রাব্য কম্পাঙ্কের তড়িৎ-তরঙ্গকে বিবর্ধক (amplifier)-এর সাহায্যে বিবর্ধিত করা হয় এবং তারপর ঐ তড়িৎ-তরঙ্গকে স্পন্দকে (oscillator) উৎপন্ন অবিচ্ছিন্ন তড়িৎ-তরঙ্গের সহিত মিশাইয়া প্রেরক স্টেশনের অ্যানটেনা হইতে তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গের

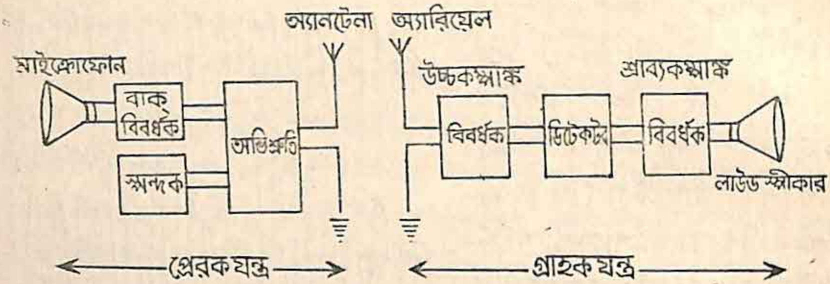
আকারে ঈথার মাধ্যমে ছড়াইয়া দেওয়া হয়। স্পন্দক হইতে উৎপন্ন তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গকে বাহক তরঙ্গ (carrier wave) বলা হয়। শ্রাব্য-কম্পাঙ্কের তড়িৎ-তরঙ্গের কম্পাঙ্ক সাধারণতঃ 30 হইতে 20,000-এর মধ্যে থাকে। শ্রাব্য-কম্পাঙ্কের তরঙ্গ ও বাহক তরঙ্গের মেশানোকে **অভিশ্রুতি** বা **মডিউলেশন** (modulation) বলে এবং যে যন্ত্রের সাহায্যে উহা সংঘটিত হয় তাহাকে **মডিউলেটর** (modulator) বলা হয়। অভিশ্রুতির ফলে অভিশ্রুত তরঙ্গের (modulated wave) উদ্ভব ঘটে এবং এই তরঙ্গ বিকিরিত তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গ হিসাবে সুউচ্চ অ্যারিয়েল বা অ্যানটেনা (aerial or antenna) হইতে আলোকের গতি-বেগেঈথার মাধ্যমে চারিদিকে ছড়াইয়া পড়ে এবং গ্রাহক স্টেশনে অ্যারিয়েলে ধরা পড়ে। 2 থ (a) নং চিত্রটি বাহক তরঙ্গ (carrier wave) এবং 2 থ (b) চিত্রটি বাহক ও অভিশ্রুত (modulator) তরঙ্গ সূচিত করিতেছে। মনে রাখা দরকার যে বেতার কেন্দ্র হইতে প্রচারিত গান, সংবাদ ইত্যাদি অভিশ্রুত তরঙ্গের ভিতর প্রচ্ছন্নভাবে বর্তমান থাকে। আমাদের বাড়িতে যে রেডিও থাকে তাহা আসলে একটি গ্রাহক যন্ত্র (receiver)। এই গ্রাহক যন্ত্রের সাহায্যে উপযুক্ত ব্যবস্থা অবলম্বন করিয়া অভিশ্রুত তরঙ্গ হইতে প্রচারিত গান, সংবাদ ইত্যাদিকে বিচ্ছিন্ন করা হয় এবং শ্রাব্য-কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট তরঙ্গকে পুনরায় ফিরিয়া পাই।



চিত্র—2 থ

গ্রাহক স্টেশনটি প্রেরক স্টেশনের খুব নিকটে হইলে অ্যানটেনা হইতে বিকিরিত অভিশ্রুত তরঙ্গ সরাসরি গ্রাহক স্টেশনের অ্যারিয়েলে আসিয়া পৌঁছায়। কিন্তু গ্রাহক স্টেশনটি দূরে থাকিলে অভিশ্রুত তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গ **আয়ন মণ্ডলে** প্রতিফলিত হইয়া গ্রাহক স্টেশনে পৌঁছাইবে। গ্রাহক স্টেশনের অ্যারিয়েলে যে অভিশ্রুত তরঙ্গ ধরা পড়ে তাহার বিস্তার খুব কম বলিয়া উচ্চ কম্পাঙ্ক বিবর্ধকের (high frequency amplifier) সাহায্যে ঐ তরঙ্গকে প্রথমে বিবর্ধিত করা হয়। তারপর অভিশ্রুত তরঙ্গ হইতে বাহক তরঙ্গকে আলাদা করার জন্য বিবর্ধিত তরঙ্গকে ডিটেকটর বা ডিমডিউলেটর (detector বা demodulator) হিসাবে ব্যবহৃত কোন

ডায়োড বা ট্রায়োড বর্তনীর ভিতর পাঠানো হয়। ডিটেকটর হইতে যে পরিবর্তনশীল তরঙ্গ বাহির হইয়া আসে তাহা মূল শব্দের অনুযায়ী হইলেও তাহার বিস্তার খুব কম হইবে। এই কারণেই পরিবর্তনশীল ঐ তরঙ্গকে শ্রাব্য-কম্পাঙ্ক বিবর্ধক (audio-frequency amplifier)-এর সাহায্যে বিবর্ধিত করিয়া লাউড-স্পীকারে পাঠানো হয় এবং আমরা বেতারকেন্দ্র হইতে প্রচারিত গান, সংবাদ ইত্যাদি শুনিতে পাই।



চিত্র—2দ

2দ নং চিত্রে বেতার প্রচারের জন্য প্রেরক ও গ্রাহক স্টেশনে যে সমস্ত যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাহাদের ব্লক চিত্র দেখানো হইয়াছে।

বেতার প্রচারের জন্য যে সমস্ত তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গ বাহক-তরঙ্গ হিসাবে ব্যবহৃত হয় তাহাদের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সাধারণতঃ 100 মিটার হইতে 100 কিলোমিটার পর্যন্ত হইয়া থাকে।

2.11. দূরদর্শন বা টেলিভিশন্ (Television): টেলিভিশনের সাহায্যে আমরা দূরের ছবি এবং দৃশ্য দেখিতে পারি। টেলিভিশনের প্রেরক কেন্দ্র হইতে কোন ছবি বা দৃশ্য ইলেকট্রনীয় পদ্ধতিতে পাঠানো হয় এবং গ্রাহক কেন্দ্রে সেই ছবি বা দৃশ্যকে পুনরুদ্ধার করা হয়। রেডিওতে শব্দশক্তিকে তড়িৎশক্তিতে রূপান্তরিত করিয়া পাঠানো হয় এবং গ্রাহককেন্দ্রে ঐ শব্দের পুনরুৎপাদন করা হয়। কিন্তু টেলিভিশনে আলোকশক্তিকে তড়িৎশক্তিতে রূপান্তরিত করিয়া গ্রাহককেন্দ্রে ঐ আলোক শক্তির পুনরুৎপাদন করা হইয়া থাকে। টেলিভিশনের কার্যপ্রণালীকে মোটামুটি তিনটি পর্যায়ে ভাগ করা যায়:—

(i) **বিশ্লেষণ (Scanning):** যে, ছবি বা দৃশ্যকে টেলিভিশনের সাহায্যে দূরে পাঠাইতে হইবে তাহার বিভিন্ন অংশের উপর দিয়া একটি সূক্ষ্ম কিন্তু জোরালো ইলেকট্রন রশ্মিকে নির্দিষ্ট ভাবে দ্রুতগতিতে চালনা করা হয়। ইহাকে বিশ্লেষণ বা scanning বলা হয়। বিশ্লেষণী কাজের জন্য সাধারণতঃ বিশেষ ধরনের যে ক্যামেরা

ব্যবহার করা হয় তাহাকে আইকনোস্কোপ (iconoscope) বলে। উৎকর্ষতার পরিপ্রেক্ষিতে বর্তমানে অর্থো-আইকনোস্কোপ বা অর্থিকন (ortho-iconoscope বা orthicon) ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(ii) বিশ্লেষণের ফলে ছবির বা দৃশ্যের আলোক শক্তি তড়িৎশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ছবির বা দৃশ্যের বিভিন্ন অংশের উজ্জ্বলতা বিভিন্ন বলিয়া পরিবর্তনীয় তড়িৎশক্তি পাওয়া যাইবে এবং এই পরিবর্তন বিভিন্ন অংশের উজ্জ্বলতার উপর নির্ভর করিবে।

(iii) গ্রাহককেন্দ্রে পরিবর্তনীয় তড়িৎশক্তিকে পুনরায় আলোক শক্তিতে উপযুক্ত ভাবে রূপান্তরিত করিয়া ছবি বা দৃশ্যের পুনরুৎপাদন করা হয়।

টেলিভিশন ক্যামেরার সাহায্যে কোন ছবিকে বিশ্লেষণ করার সময় ছবিটিকে কতকগুলি কাল্পনিক অনুভূমিক সরলরেখায় ভাগ করা হয় এবং **সন্ধানী বিন্দু** (exploring spot) অর্থাৎ জোরালো ইলেকট্রন রশ্মিকে ছবির উপর দিক হইতে পরপর কল্পিত অনুভূমিক রেখার উপর বামদিক হইতে ডানদিকে দ্রুতগতিতে গোটা ছবিটার উপর চালনা করা হয়। এই ঘটনাটি অনেকটা আমাদের বই পড়ার মত। আমরা চোখ (সন্ধানী বিন্দু) দিয়ে বইয়ের প্রথম লাইন (ছবিতে কল্পিত অনুভূমিক রেখা) পড়ি এবং প্রথম লাইনটি শেষ হওয়ার পর আবার বাঁদিক হইতে দ্বিতীয় লাইনটি পড়া শুরু করি। অনুরূপ ভাবে সন্ধানী বিন্দুটিও যেন গোটা ছবিটিকে পড়িয়া যায়। সন্ধানী বিন্দুটি ছবির উজ্জ্বলতা অনুপাতে পরিবর্তনীয় তড়িৎ-প্রবাহের উৎপাদন করে এবং এই ধরনের তড়িৎ-প্রবাহকে **ভিডিও-সিগ্‌ন্যাল** (Video-signal) বলা হয়। ভিডিও-সিগন্যালের কম্পাঙ্ক ও বিস্তার কম বলিয়া উহাদিগকে এককভাবে ঈথার মাধ্যমের ভিতর দিয়া দূরে পাঠানো যায় না। এই কারণে ঐ সিগ্‌ন্যালকে প্রথমে উপযুক্ত ধরণের বিবর্ধকের সাহায্যে বিবর্ধিত করা হয় এবং পরে স্পন্দক (oscillator) হইতে উৎপন্ন অবিচ্ছিন্ন তড়িৎ-তরঙ্গের সহিত মিশাইয়া প্রেরক ষ্টেশনের অ্যানটেনা হইতে তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গের আকারে ঈথার মাধ্যমে ছড়াইয়া দেওয়া হয়। স্পন্দক হইতে উৎপন্ন তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গকে বাহক তরঙ্গ (carrier wave) বলা হয়। যে যন্ত্রে ভিডিও-সিগন্যাল ও বাহক তরঙ্গকে মেশানো হয় তাহাকে মডিউলেটর এবং মেশানোর ফলে লব্ধ তরঙ্গকে অভিশ্রুত তরঙ্গ (modulated wave) বলা হয়। এই তরঙ্গ বিকিরিত তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ হিসাবে সুউচ্চ অ্যানটেনা বা অ্যারিয়েল হইতে আলোকের গতিবেগে ঈথার মাধ্যমে চারিদিকে ছড়াইয়া পড়ে এবং তাহার কিছু অংশ গ্রাহক ষ্টেশনের অ্যানটেনায় ধরা পড়ে। মনে রাখা দরকার যে, যে ছবিটিকে পাঠাইতে হইবে তাহা ভিডিও-সিগন্যালের আকারে অভিশ্রুত তরঙ্গের ভিতর প্রচ্ছন্ন-